École doctorale no 224 : Cognition Langage Interaction

Doctorat de Psychologie

THÈSE

Pour obtenir le grade de Docteur délivré par

Université de Paris-VIII

Spécialité doctorale : Psychologie de la cognition

présenté et soutenu publiquement par

Christophe Chavatte

le 18 Novembre 2019

Approche de l'apprentissage de la lecture chez les personnes déficientes ou en grandes difficultés scolaires : méthode impliquant une technologie cognitive.

Directeur de thèse : Charles Tijus

Jury :

- Sandra JHEAN-LAROSE
- Liliana RICO-DUARTE
- Olga MEGALAKAKI
- Véronique DRAI-ZERBIB
- Farid EL MASSIOUI

Université de Paris VIII

2 Rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis, France

Résumé

Nous cherchons à savoir si un entrainement sur un logiciel présentant les bigrammes les plus simples et le plus fréquents de la langue, permet une nouvelle entrée dans le décodage chez des enfants présentant des troubles de l'apprentissage. Nous les disposons sur un logiciel qui comporte toutes les aides nécessaires et permet l'enregistrement des manipulations de l'utilisateur pour une expérience comparative sur les populations de milieu spécialisé et de milieu ordinaire. Ensuite, un test de restitution sur les mots entrainés et non entrainés au cours des exercices semble montrer que les éléments proposés ne comportent pas tous le même niveau de complexité pour les élèves et que ces derniers ont une certaine tendance à les modifier dans le sens d'une simplification qui leur est propre. Enfin, un test d'écriture des mots entrainés avec système d'aide permet de comprendre le parcours d'apprentissage et d'établir un schéma de la construction des « neurones bigrammes ». Les sujets d'IME ne semblent pas préparés à distinguer une cohérence ou incohérence. La moyenne des rappels de consigne peut être révélatrice d'une difficulté à conserver les consignes en mémoire. On note que malgré la suppression de la charge mnésique nécessaire un déficit sur l'organisation des informations émerge clairement et la progression des enfants d'IME reste hésitante. L'ensemble des études a permis de dégager différents types de difficultés rencontrées par le sujet. Les mots ne sont pas pensés en bloc d'unité pour les sujets d'IME mais semblent plutôt se rattacher à une multitude d'indices éparpillés dans la sphère de perception et de compréhension. Cette étude montre que les problèmes que rencontrent les enfants du spécialisé ne résultent pas d'une surcharge cognitive mais d'une difficulté plus profonde. Ainsi tout le travail didactique reste à faire. De nouvelles entrées sont à explorer, comme des nouveaux systèmes d'aide permettant un échange avec l'apprenant.

Abstract

We seek to know if training on a software presenting the simplest and most frequent bigrams of the language, allows a new entry in the decryption with children presenting learning difficulties. We test them on a software which contains all necessary aids and allows the recording of the manipulations of users for a comparative experiment on different populations. Then, a test of restitution of words trained and not trained during the exercises seems to show that the elements proposed do not involve all the same level of complexity for the pupils and that these have some tendency to modify them in the sense of a simplification on their own. Finally, a test of writing of words trained with help system makes it possible to understand the learning path and to establish a diagram of the construction of "bigram neurons". IME subjects do not seem prepared to distinguish between coherence and inconsistency. The average of the aids recall can be indicative of a difficulty to keep the instructions in memory. It is noted that despite the removal of the necessary memory burden, a deficit in the organization of information emerges clearly and the progression of the children of IME remains hesitant. All our studies made it possible to identify different types of difficulties encountered by the subject. Words are not thought of as a block of unity for IME subjects but rather seem to be related to a multitude of clues scattered in the sphere of perception and comprehension. This study shows that the problems encountered by the specialist's children do not result from cognitive overload but from a deeper difficulty. So all the didactic work remains to be done. New entries are to be explored, such as new help systems that allow for an exchange with the learner.

REMERCIEMENTS

Il me sera très difficile de remercier toutes les personnes qu'il m'a fallu solliciter afin de mener à terme mon long travail de thèse aussi je tiens à m'excuser par avance si je n'ai pu citer chaque personne singulièrement ou si ma mémoire ferait défaut mais sachez que chaque maillon utile à ma chaine de travail a trouvé toute ma gratitude.

Je voudrais tout d'abord grandement remercier pour son aide précieuse mon directeur de recherche, Monsieur Charles Tijus. Cette thèse est le fruit d'une collaboration de plus de cinq années avec lui. Il m'a fait profiter de ses brillantes intuitions, ses conseils, son orientation et son appui scientifique. Je remercie également Geneviève Marouby professeure à l'université Paris 8 qui m'a aidé pour ma problématique et le lancement de mes recherches.

J'exprime toute ma gratitude à Sandra Jhean-Larose et Olga Megalakaki qui m'ont fait l'honneur d'être rapporteures de ma thèse ainsi que les membres du Jury Véronique Drai-Zerbib et Farid El Massioui qui ont pris le temps de me lire, de discuter et m'ont permis d'envisager mon travail sous un autre angle.

Il m'est impossible d'oublier Baptiste Roux et Pascal Leray pour leur travail de relecture et leurs remarques qui m'ont apporté rigueur et précision.

J'adresse évidement mes remerciements à tous ceux qui ont rendu ce travail possible, à commencer par les inspecteurs et inspectrices d'académie, les directeurs et directrices d'établissement et en particulier Cécile Larinier directrice de l'établissement primaire « école sacré cœur » de Paris XVème et Bernadette Grosyeux, directrice du centre de « La Gabrielle » en Seine-et-Marne qui ont donné leur autorisation pour l'exécution de ce travail au sein de leur établissement.

Remerciements indispensables au corps enseignant que je ne pourrais citer ici de manière exhaustive tant ils sont nombreux à être intervenus pour la réalisation de ce travail mais j'espère que personne ne prendra ombrage si je nomme Valérie Vincendeau, Lorène Igounet et Marine Hutsebaut qui se sont particulièrement investies. Merci à tous les élèves qui ont participés au protocole expérimental, j'espère qu'ils ont l'assurance que j'ai fait de mon mieux pour que leurs souffrances n'aient pas été vaines.

Je ne voudrais pas oublier l'ensemble de mes collègues doctorants et en particulier Simon Carrignon, Fabien Ruggieri, Grozdana Erjavec et Zakhia Ikhlef qui m'ont encouragés et ont toujours eu foi dans la pertinence de mes objectifs.

J'ai une pensée particulièrement émue pour Henri Meschonnic, parti trop tôt, directeur de ma première thèse (avortée) en Lettres Modernes, qui était mon maitre à penser et pour qui j'ai une admiration sans borne.

Enfin, je voudrais remercier mes proches pour leurs encouragements et surtout ma femme qui a dû s'acquitter de surcroit de la charge supplémentaire de travail et du tribut de quelques indisponibilités.

Table des matières

RESUME ... 2
TABLE DES MATIERES ... 4

PARTIE 1 -AVANT-PROPOS ... 10

LES ENJEUX ... 10
Des raisons que la raison ignore ... 10
Philanthropie des enjeux sociaux ... 11
De la compétence linguistique à la compétence épistémique ... 12
LES CHAMPS THEORIQUES CONVOQUES ... 13
Jean Piaget, ouvreur du champ psychologique ... 13
Les premiers modèles de la psychologie ... 13
Croisements de disciplines ... 14
DESCRIPTIFS DE LA METHODOLOGIE GLOBALE ... 15
Une méthode d'entraînement ... 15
Les variables ... 16
Le cadre de l'expérience ... 17
LES HYPOTHESES FONDATRICES DE L'EXPERIENCE ... 17
Hypothèse principale : ... 17
Hypothèses secondaires : ... 18
Méthode de vérification d'hypothèses secondaires : ... 19
DEROULEMENT DE LA THESE ... 22
Issue d'un travail de Master ... 22
Recherche d'écoles pilotes ... 23

PARTIE 2 THEORIQUE 1 : ETUDE DU CHAMP DIDACTIQUE ET PEDAGOGIQUE ... 24

L'APPRENTISSAGE DE LA LECTURE ... 24
Une métamorphose anthropologique ... 24
L'écriture, substitut de la langue orale ... 24
La puissance de l'imaginaire passe par les mots ... 24
Un virage culturel ... 25
La conscience phonémique ... 25
Apprentissage kinesthésique ... 25
Lexique et vocabulaire ... 26
L'accès à la prononciation ... 27
Le code phonologique ... 27
PEDAGOGIE ET DIDACTIQUE ... 28
L'état de la recherche didactique ... 28
La lecture chez les enfants déficients ... 28
Synoptique des expériences en didactique ... 29
Les différentes méthodes de lecture ... 29
Phase logographique et orthographique ... 30
Les voies de lectures ... 30
Théorisation multifactoriel ... 30
Déchiffrage, lecture, lecture-compréhension ... 31
Les stratégies d'encodage ... 32
Les étapes de la lecture ... 32
Une évolution découpée en stade ... 32
Catégorie d'écriture ... 33
Schéma des modifications internes ... 33
Entre lecture et écriture ... 33
Une base d'apprentissage implicite ... 34
Des modèles jamais démodés ... 36

PARTIE 2 THEORIQUE 2 : PSYCHOLOGIE COGNITIVE DE LA LECTURE ... 37

OUVERTURES DE PSYCHOLOGIE COGNITIVE DE LA LECTURE ... 37
Matériaux des éléments de lecture ... 37
Le lexique mental ... 37
Traitement des informations visuelles ... 37
Graphèmes, fréquence, syllabe, ... 38
Listes des effets ... 39

Voisinage orthographique ... 39
Les effets de répétition ... 39
Les différents codages ... *40*
Codage orthographique vs phonologique ... 40
Le codage phonologique ... 41
Les modèles de la lecture ... *41*
Deux modèles majeurs ... 41
Codage morphologique : ... 42
D'autres modèles ... 43
LES BASES NEURONALES DE LA PSYCHOLOGIE DE L'APPRENTISSAGE ... 44
Apports des neurosciences ... *44*
Approche historique ... 44
L'apprentissage ... 45
Prédiction et erreur de la prédiction ... 47
Bases neuronales ... *49*
Les neurones de l'apprentissage ... 49
Une approche technico-cognitive ... 50
Reconfigurations protéiniques ... 51
NEUROPSYCHOLOGIE DE LA LECTURE ... 52
Exposition historique ... 52
La modélisation de Stanislas Dehaene ... 53
Théorisation neuronale ... *54*
Naissance du modèle bigramme ... 54
Stratégies d'encodage et mémoire de travail ... 55
Transformation de la zone occipito-temporal ... *56*
Le recyclage neuronal ... 56
Les neurones de la reconnaissance ... 57
Deux voies de lecture ... 57

PARTIE 2 THEORIQUE 3 - LE HANDICAP MENTAL ... 58

LES DIAGNOSTICS POSSIBLES ... 58
Les pathologies en rapport direct avec la lecture ... *58*
Du cérébrale à l'âme ... 58
Les problèmes de mémoire ... 58
Troubles des fonctions cognitives ... 59
Le champ des Dys ... *60*
La dyslexie ... 60
La dysphasie ... 60
Dyspraxies ... 61
Le handicap mental ... *61*
Les Troubles envahissants du développement ... 61
Déficience et échec scolaire ... 63
Eléments clinique ... 63
L'école freudienne ... 64
L'apprentissage de la lecture chez les enfants sourds ... *65*
Surdité et lecture ... 65
Absence de représentations phonologiques ... 65
Les processus d'audition en question ... 66
EVALUATION PSYCHOMETRIQUE DES SUJETS ... 67
La psychométrie ... *67*
Chronologie en psychométrie ... 67
Quelles populations pour quels tests ? ... 68
Les tests : ... *69*
Histoire des tests sur la lecture ... 69
Inventaire des tests sur la lecture ... 70
La mémoire de travail ... *71*
Son fonctionnement ... 71
La mémoire de travail en lecture ... 71
Les mesures en considérations et tests choisis ... *72*
L'attention ... 72
La compétence visuo-spatiale ... 73
Vitesse d'exécution ... 74
Utilisation des tests psychométriques ... *75*
Critique des tests pour la catégorisation ... 75
Amélioration des tests ... 75

Solution de test ... 76

PARTIE 2 THEORIQUE 4 NOUVELLES TECHNOLOGIES ET HANDICAP ... 77

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES SCOLAIRES ... 77
L'informatique à l'école ... 77
Historique de l'intégration des outils technologiques ... 77
Des souris et des hommes ... 77
Stimulation cognitive par les médias ... 78
Méthodes pour étudier ces apprentissages ... 78
Chronométrie mentale et oculométrie ... 78
Imagerie cérébrale ... 79
Les nouvelles technologies ... 79
HANDICAP, COGNITION ET TECHNOLOGIE ... 79
Les sciences de l'apprentissage ... 79
Une problématique multiple ... 79
Le multimédia multipotent ... 79
La problématique politico-économique. ... 80
Une approche technico-cognitive ... 82
Projet de robotique pédagogique ... 83
La robotique thérapeutique ... 83
Essai en robotique pédagogique ... 85
Projet robotique pédagogique : ... 87
Ergonomie des apprentissages ... 88
Clinique, cognition et technologie ... 88
Les systèmes d'apprentissages ... 88
Psychopathologie et IHM ... 89
LA QUESTION DE LA MEMORISATION ... 90
Probabilités et statistique ... 90
Les statistiques ... 90
Mémoire et unité de segmentation ... 91
Perception des graphèmes ... 91
Développement et perception ... 92
Fonction dans les apprentissages ... 92
Modèles de mémoire en lecture ... 92
Son fonctionnement ... 93

PARTIE 3 - EXPERIENCE 1 - LOGICIEL LECTUS ... 94

MATERIEL ET METHODE ... 94
Analyse globale ... 94
Les difficultés de lecture pour les enfants ordinaires ... 94
Situation interactive ... 94
Statistique globale ... 95
Établissement d'une hiérarchie optimisée ... 96
Liste des mots (du logiciel) en partant des bigrammes ... 96
Analyse du déchiffrage ... 97
Interactivité des apprentissages ... 97
Présentation du dispositif ... 98
Choix des établissements : ... 98
Présentation des élèves ... 99
Présentation du logiciel ... 99
Ergonomie du système ... 104
RESULTAT DE L'EXPERIENCE 1 ... 105
Analyse des données principales de Mathieu ... 105
Analyse des données principales de Laurent, ... 109
Analyse des données principales d'Anaïs ... 113
Analyse des données principales d'Étienne ... 116
Analyse des données principales de Gwenaelle ... 119
DISCUSSION ... 122
Analyse par individus ... 122
Les listes de mots ... 122
Les temps de réponses ... 123
La navigation ... 124
Perspectives de modification ... 126
Suite possible du dispositif ... 126

Bilan des données ... 127
Conclusion ... 129

PARTIE 3 - EXPERIENCE 2 ... 130

MATERIEL ET METHODE ... 130
Trame de progression du logiciel ... 130
Présentation du nouveau protocole ... 130
Classement par fréquences ... 130
Présentation de la versionA : ... 131
Présentation de la versionA : ... 132
Présentation du logiciel ... 134
Conception du logiciel ... 134
Obtention des données ... 135
Mise en place d'un défi LECTUS ... 137
Le principe ... 137
Comparatif des deux versions du défi. ... 138
PARTICIPANTS : ... 140
Présentation des écoles ... 140
Ecoles ordinaires et écoles spécialisées ... 140
L'IME du Centre de La Gabrielle ... 141
EPMS de l'Ourcq ... 142
Les écoles en milieu ordinaire ... 143
École Sainte-Marie ... 143
École Sacré-Cœur ... 144
École Noue-Caillet ... 144
Profil des sujets de l'expérience ... 144
Les enfants en difficulté scolaire ... 144
La population des Etablissements Spécialisés ... 145
RESULTATS DE L'EXPERIENCE ... 146
Analyse des données ... 146
Méthodologie de récupération des données ... 146
Tableaux des synthèses des différents groupes ... 151
Interprétation des données ... 158
... 158
Evaluation des réponses ... 158
Analyse statistique ... 160
DISCUSSION ... 162
Exploitation de résultats ... 162
Synthèse des données ... 162
Evaluation des progrès ... 163
Perspective d'avenir ... 163
Caractéristiques d'un logiciel modèle ... 163
Modélisation-évaluation des apprentissages ... 164

PARTIE 3 - EXPERIENCE 3 ... 165

MATERIEL ET METHODE ... 165
Construction des éléments d'évaluation ... 165
Objectifs des évaluations pour les mots de quatre lettres ... 165
Objectifs des évaluations pour les mots de six lettres ... 167
Objectifs des évaluations pour les mots de huit lettres ... 167
Construction du Corpus d'évaluation ... 167
Choix du corpus de mots ... 167
Orientation du logiciel ... 168
DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE ... 169
Établissement d'un dispositif ... 169
Description du dispositif ... 169
Tableau des données recueillies ... 171
Tentative entre test et hypothèse ... 171
Catégorisation des différents tests ... 171
Les hypothèses convoquées ... 172
RESULTAT DE L'EXPERIENCE ... 173
Présentation des données ... 173
Préparation des données ... 173
Récupération des données ... 174

Analyse des données ... *175*
Exposition des données ... 175
Analyse statistiques des données ... 178
DISCUSSION ... 182
Projection des résultats ... *182*
Projection de profils de sujets des tests ... 182
Profil selon les résultats ... 184
Limite des observations par statistique ... *184*
Analyse à partir des éléments de réponse ... 184
Statistique comparatives des expériences 2 et3 ... 186
Impact des entrainements en Version A et B ... 187

PARTIE 3 - EXPERIENCE 4 ... 190

MATERIEL ET METHODE ... 190
Présentation du logiciel de l'expérience 4 ... *190*
Principe du logiciel de test ... 190
Les différents niveaux du logiciel ... 192
Résultat de l'expérience ... *194*
Récupération de données ... 194
Analyse des données ... 195
SECONDE MANIPULATION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE 4 ... 199
Descriptif de la manipulation ... *199*
Obtenir le listing des circonstances d'un bigramme donné ... 199
Analyse statistique des éléments ... 201
Test et utilisation sur deux sujets ... 202
Premier sujet d'étude ... *202*
Expositions des données ... 202
Analyse de la trame d'exercices ... 204
Second sujet d'étude ... *207*
Exposition des données ... 207
Analyse des occurrences d' « aides bigrammes » ... 209
Analyse des occurrences succès des bigrammes. ... 210
DISCUSSION ... 213
Observation sur la restitution ... *213*
Des données Révélatrices d'obstacles ... 213
Distinctions significatives entre les groupes ... 213
Synthèse des calculs statistique : ... *214*
Manipulations complexes ... 214

PARTIE 4 - DISCUSSION GENERALE ... 215

NOS HYPOTHESES A L'EPREUVE ... 215
Vérification des hypothèses ... *215*
Les différents type de profils ... 215
Etude des hypothèses de départ ... 216
Nombre et type de bigrammes dans la genèse ... 217
Passage en mode expert de la lecture ... 218
Validité du dispositif « LECTUS » ... *219*
Etude des écarts entre entraînement et évaluation ... 219
Outil de diagnostic ... 220
Modélisation des apprentissages ... 221
LES DEVELOPPEMENTS POSSIBLES ... 221
Poursuite du logiciel ... *221*
Voie algorithmique ... 221
Voie ergonomique ... 222
Optimisation du dispositif ... 223
L'oculométrie ... *224*
Matériel et caractéristiques ... 224
Expérience en oculométrie ... 225
Hypothèse de travail ... 225
VERS UNE ERGONOMIE DES APPRENTISSAGES ... 226
Les voies de la psychologie cognitive ... *226*
Matrices d'expérience ... 226
Autres approches cognitives possibles ... 226
La lecture : base d'études des systèmes neuronaux ... 228

Les modèles d'apprentissage ... *228*
Validation des modèles ... 228
Imprécision des modèles ... 229
Ergonomie ... *230*
Ergonomie du système ... 230
Ergonomie cognitive ... 230
PISTES DE RECHERCHE ... 230
Développement et simulations possibles ... *230*
Des logiciels de substitution ... 230
Développement d'outils didactiques ... 231
Les systèmes en immersion ... 232
Apprentissage et évolution ... *232*
Les logiciels de préhension ... 232
Programme musicale de l'apprentissage de la lecture ... 233
Sémiotique musicale, sémantique textuelle ... 234
Traitements des données et matrices grammiques ... *235*
Du gramme aux mots ... 235
Avenir des bigrammes ... 235

CONCLUSION ... 236

RÉFÉRENCES ... 239

TABLE DES ILLUSTRATIONS ... 250

TABLES D'ILLUSTRATION DES TABLEAUX ... 250
TABLES D'ILLUSTRATION DES FIGURES ... 252
TABLES D'ILLUSTRATION DES EQUATIONS ... 254

ANNEXES ... 255

ANNEXES DE LA PARTIE THEORIQUE ... 255
ANNEXES DE LA PARTIE EXPERIMENTALE ... 256

Partie 1 -Avant-propos

Les enjeux

Des raisons que la raison ignore

Il reste aujourd'hui un domaine qui reste trop peu investi par la recherche, il s'agit du handicap mental. Il fait pourtant partie des plus beaux défis dont la science doit s'emparer, car tout ce qui pourra être fait dans ce domaine participera à l'amélioration de notre société sur un plan éthique et technologique. C'est faire également le pari que des découvertes majeures du XXIe siècle sont à accomplir ici. Longtemps, sous l'éclairage unique de la psychologie clinique, les sciences se sont comme interdit ce domaine. Les choses changent. Les progrès des sciences cognitives peuvent aujourd'hui créer le lien entre investissements technologiques et assistance aux personnes, et l'état avancé de nos technologies peut permettre d'intégrer des domaines comme celui du handicap mental, comme il le fait déjà dans les apprentissages scolaires en milieu ordinaire. La vaste littérature de l'utilisation des TICE dans les apprentissages l'arbore depuis plusieurs décennies maintenant.

L'apprentissage de la lecture sollicite d'abondantes fonctions cognitives : conscience phonologique, aptitude spatio-visuelle, attention, mémoire de travail, correspondance graphème-phonème, vocabulaire, et bien d'autres plus périphériques. La plupart des enfants déficients intellectuels n'ont pas accès à la sémantique d'un texte, même s'il reste rudimentaire. En effet, ces enfants déficients intellectuels n'accèdent qu'exceptionnellement à un niveau de lecteur expert qui leur permettrait de s'intégrer plus largement dans notre société par l'accès aux textes complexes du droit, de l'administratif et pourquoi pas de la littérature. Pour la plupart, le déchiffrage lui-même est déjà trop complexe pour être automatisé et crée *de facto* une surcharge cognitive qui ne permet pas d'aller plus loin dans cet apprentissage.

Malgré de nombreuses tentatives pour la recherche de la rééducation et de la remédiation à mettre en place face à ces difficultés d'apprentissage, le problème reste entier, et il semble émerger aujourd'hui également dans le milieu ordinaire où beaucoup de jeunes écoliers n'ont pas les automatismes nécessaires à la compréhension de textes difficiles. Pour de nombreux experts, cette incapacité serait liée au fait que les principes de lecture ne sont pas parfaitement automatisés et demandent ainsi trop d'implication attentionnelle pour le système cognitif. Ce dernier ne peut alors être libéré pour traiter les associations complexes et de haut niveau qui permettent l'accès à ces textes abstrus. La description de ce phénomène, baptisé « surcharge cognitive », mérite d'être réexaminée avec minutie afin de considérer, en situation, l'implication même cette surcharge cognitive dans le niveau d'accès aux textes difficiles. Si nous pouvions libérer les apprenants de cette charge, et si elle constitue l'unique obstacle à un mode de lecture « expert », le système cognitif de lecture devrait pouvoir se développer et établir une stratégie de fonctionnement voisine de de celles décrits par les modèles cognitifs récents du domaine, notamment en dernier lieux celui de Stanislas Dehaene et des neurones bigrammes.

Est-il possible qu'en allégeant le système d'apprentissage de la lecture, pour les élèves les plus en difficultés afin d'en réduire le volume et la complexité, nous puissions voir apparaître des automatismes semblables à ceux de la lecture experte ? Et, si cela peut être le cas, dans quelle mesure ? En réalité, de manière plus ciblée et plus objectivée, cette étude vise à comprendre et à développer l'émergence des automatismes de « lecteurs experts » chez les enfants présentant un handicap mental et qui rencontrent les plus grandes difficultés afin de

s'approprier lesdits automatismes. Le décodage automatisé est repérable par les stratégies de lecture ainsi que par l'aspect métacognitif lui-même détectable par l'analyse des saccades oculaires. Nous cherchons à savoir si un entraînement par un dispositif dans un milieu écologique permet une nouvelle entrée dans le décodage chez ces enfants.

Philanthropie des enjeux sociaux

Les difficultés d'accès à la lecture posent d'abord ici un problème plus large des aptitudes de langue et de méta-langage des élèves, indispensable à la construction d'un savoir utile, gage d'autonomie, à la fois pluriel et équilibré, « pour s'en enrichir et parer au-dedans, ayant plutôt envie d'en réussir habile homme qu'homme savant, je voudrais aussi qu'on fût soigneux de lui choisir un conducteur qui eût plutôt la tête bien faite que bien pleine », pour citer Montaigne dans *Les Essais* » (p.102), qui souhaite nous éclairer pour une philosophie du bon usage de l'enseignement. La question du rapport à la langue, de la relation à l'autre et au texte, de l'accès à la lecture, à l'écriture, est essentielle à l'élaboration de pédagogies pertinentes. Il nous est indispensable de saisir ce qu'est lire, quelles en sont les représentations chez les élèves ou plus globalement chez le sujet-lecteur. Sujet pour qui le rapport aux mots est un rapport au monde dans une trilogie foucaldienne entre « le langage, la vie et les richesses » (Foucauld, 1966). Également sujet d'expérience ou sujet de société, et dont la problématique de la langue se pose plus lourdement dans le champ psychologique qui nous intéresse ici.

Chez Saussure, par exemple, la phrase appartient à la parole. Pour Chomsky, elle fait partie de la compétence langagière et relève de la grammaire et de la syntaxe en s'inscrivant avec ou contre des règles. Le propre du sujet s'élaborant dans sa parole, c'est la multiplicité et la liberté des combinaisons. « Il faut se demander si tous les syntagmes sont libres ». Ainsi pour Chomsky, « les phrases sont en nombre infini, mais la grammaire est finie », il existe donc, selon ce dernier, deux sortes de créativité : celle qui obéit aux règles et celle qui les transgresse, allant jusqu'à les modifier. Ces approches spéculatives ont donné lieu à des théories linguistiques qui justifiaient la forme poétique comme un parasitage de la langue, excluant *de facto* cette forme du « système » de la langue, quand chez d'autres théoriciens elle en était l'essence même. Cette idée explicitement contestée par Henri Meschonnic, pour lequel la poésie et la créativité ne peuvent être écartées de la langue, semble montrer toute l'importance de cette investigation, qui prend encore davantage d'épaisseur dans le domaine du handicap mental, où ces voies lui sont interdites.

Tout système qui exclut la forme poétique et la langue de la créativité, ou la considère comme « étrangères », amputant ainsi le sujet d'un discours propre ou l'insérant dans une parole vide, mérite d'être révisé. Cet espace étant précisément celui de la « réalité » du sujet qui s'inscrit librement dans sa langue, qui devient *de facto* outil existentiel. Pour Saussure, l'aspect « invention »[1] dans la production de langage est renvoyé à la parole, le langage ou les systèmes linguistiques n'étant qu'une modélisation de l'ensemble des énoncés constituant la parole, ensemble des prononciations d'individus qui transforme et devient la civilisation humaine. Tout individu sans lecture et donc sans parole critique s'exclut par là-même de cette construction. Une théorie de l'apprentissage de la langue, écrite ou orale, qui ne s'investit pas de ces distinctions, s'affranchit sans s'en libérer de la fonction profonde et importante du rapport à l'écrit dans nos sociétés modernes. Tzvetan Todorov rappelait l'importance des

[1] Il a été longtemps admis dans la philosophie grecque que la parole s'organise autour d'un certain nombre de principes fondamentaux. Le traité rhétorique de Cicéron, en 85 avant J.-C., la compose de trois éléments : l'*elocutio*, l'art oratoire qui dispose la forme du discours ; la *dispositio*, l'organisation même de ce discours, et l'inventio qui correspond à la partie créative.

préceptes linguistiques inhérents aux théories globales répliquant au structuralisme prépondérant que : « toute théorie littéraire sans théorie du langage est un anachronisme [2] », lors d'un colloque à l'université Paris-VIII, en 1996.

De la compétence linguistique à la compétence épistémique

L'essentiel de la compétence linguistique chez l'enfant normal est présente au début du cycle d'apprentissage de la lecture à l'école. La question reste plus problématique pour les enfants présentant de graves difficultés dès le début de l'apprentissage. Pour les premiers, de simples exercices de lecture vont contribuer à l'acquisition de nouvelles connaissances linguistiques et générales et constituer la consolidation des automatismes et mécanismes langagier et vont continuer d'alimenter sa « représentation » de la langue. Dans un parcours, chaque individu est un « théoricien de la langue en puissance », posant sa parole, son discours, comme éléments d'une « anthropologie historique du langage », dans laquelle le sujet peut se construire. En invalidant son rapport au langage, la personne en situation de handicap mental, ayant besoin d'une contribution psychologique voire psychanalytique pour une bonne lecture de son existence, se voit amputée d'une autonomie possible et éloignée des dispositions d'analyse nécessaire à son épanouissement.

Sur une approche strictement linguistique, certains aspects du développement du langage, notamment du vocabulaire et de la syntaxe, sont peu ou pas utilisés dans la langue orale. C'est tout un pan du langage qui va se développer lors de l'apprentissage de la lecture. Cette épaisseur sémantique supplémentaire du langage permet d'accomplir une dimension sociale et collective, c'est collectivement que les communautés langagières façonnent leurs outils de parole et de pensée. Chez le sujet psychotique, il en est autrement. La lecture, laborieuse, ne sera pas source de connaissances linguistiques, sociales et collectives. Le retard engendrant un lexique pauvre et limité risque d'approfondir la fracture sociale dans son système global de signification.

Même pour les enfants de milieu ordinaire, l'apprentissage de la lecture, et à plus forte raison de l'écriture, représente un effort intellectuel considérable et sans précédent dans les apprentissages. Il n'est en rien analogue à l'acquisition de la parole, qui est beaucoup plus naturelle et s'effectue sans apprentissages. En effet, certaines prédispositions biologiques, héritage de mutations profitables, notamment du gène FoxP2, qui est souvent cité dans la littérature des neurosciences comme gène du langage, également présent chez les espèces d'oiseaux communiquant par le chant, ont traversé les siècles pour donner les compétences naturelles à l'homme pour l'intégration d'une langue orale. Une langue orale qui se perfectionne en même temps et par le façonnage des outils chez l'homme, véritable ciment du langage unissant et dissociant les peuples et les tribus, ouvrant la perception des pensées, des motivations et des représentations de chacun dans un monde où les capacités de destruction explosaient et où le spectre du décodage des intentions devenait indispensable à la survie.

L'apparition de l'écrit, trop récent pour avoir profité d'équivalente facilitation biologique, va réutiliser des ressources cérébrales destinées à des fins non linguistiques mais assez proches de la reconnaissance des formes et des objets. Cette compétence est souvent évoquée comme l'acquisition culturelle la plus remarquable et la plus révolutionnaire de l'espèce humaine. Ce recyclage neuronal est nommé « exaptation », selon les termes de Stanislas Dehaene, qui réoriente les unités de traitement fonctionnels de la partie visuelle pour

[2] Colloque présentant une synthèse globale de son oeuvre phare : *Critique de la critique*, Paris, Le Seuil, 1984, et présentant son nouvel ouvrage : *Le Jardin imparfait : la pensée humaniste en France*, Paris, Grasset, 1998.

les spécialiser dans le déchiffrage de symbole est également présent chez les espèces les plus proches de l'homme comme le chimpanzé.

Quels sont les événements épigénétiques qui permettent la réorganisation les schémas connexionnistes de ce développement cérébral ? Est-ce que la structure, la disposition même du cerveau peuvent déterminer ces influences et ces évolutions culturelles et extra-culturelle ? Ces questions rémanentes et éminentes des neurosciences seront en trame de fond des recherches menées ici. Biologiquement, la lecture procède d'une entrée visuelle de la langue, dont le système est appelé par des « cartes visuelles », et sollicite également, élément crucial pour notre discussion, les aires de l'audition. L'ensemble s'imbrique ensuite dans des systèmes de décryptage des aires associatives de notre cerveau afin de parvenir à une interprétation symbolique.

Les champs théoriques convoqués

Jean Piaget, ouvreur du champ psychologique

L'héritage de la psychologie de Piaget a opéré une révolution dans l'approche du handicap qui n'est plus considéré comme une simple liste d'inaptitudes et de troubles induits mais bien comme un processus évolutif et développemental présentant des « dysfonctionnements ». Pour l'apprentissage de la lecture, ces nouvelles approches font observer dans le domaine de la recherche que « les stades les plus évolués du développement de la pensée semblent hors d'atteinte chez les enfants déficients légers » (Jumel et Savournin, 2013, p.191). Il est probable que la focalisation habituelle sur la maîtrise du stade alphabétique entraîne un manque de disponibilité pour l'acquisition des connaissances sur les autres modalités de décodage. Cette focalisation gêne aussi le développement de l'accès à des capacités linguistique élaborées. « Les stades atteints ne semblent pas constituer des paliers solides, les raisonnements pouvant, face à la difficulté, retomber au niveau de la pensée du tout petit » (Ibid., p.141).

Ces observations ont depuis longtemps été relayées chez les enfants rencontrant des difficultés dans les apprentissages où l'on a pu proposer d'autres voies d'acquisition et remarquer certaines accroches chez quelques éléments laissant l'espoir de nouvelles ouvertures. La psychologie dans son plus large spectre (cognitive, clinique, développementale) s'est intéressée de près à la question des apprentissages et un peu moins à la question plus encombrante du non-apprentissage, à l'instar de quelques cas cliniques, notamment de lésions cérébrales localisées ou de maladies génétiques déjà expérimentées, permettant un calibrage de compétences quasi scientifiques. A partir de ces exemples, la discipline a élaboré des modèles et des théories sur la question des apprentissages, que nous présenterons plus largement dans une partie dédiée à cet effet dans notre travail mais dont nous pouvons déjà aviser l'engouement du décorticage des éléments de théorie développementale.

Les premiers modèles de la psychologie

Un intérêt majeur de ces théories développementales est de mettre l'accent sur l'importance de la maîtrise des correspondances grapho-phonologiques lors des étapes initiales de l'apprentissage. La bonne évolution de chaque stade prépare l'engagement du niveau suivant. Ainsi les réseaux neuronaux se comportent comme si chaque stade procédait à

la mise en place du réseau suivant pour aboutir au réseau final de lecture automatisée. On peut pressentir que l'état du réseau et de l'ensemble de ces ramifications va plus ou moins favoriser la mise en place de ce processus complexe en organisant durablement un système chaotique d'intercommunication vers un système stable de « reconnaissance ». Ainsi quelles que soit les difficultés qui peuvent amener à le perturber, ce fonctionnement à la fois fragile et robuste peut facilement se déséquilibrer de manière quasi irréversible, lors de la mise en place de ces compétences. Il faut alors pouvoir proposer des ouvertures, des alternatives et des pistes d'adaptation pour faciliter ces apprentissages.

Si les méthodes d'apprentissage de la lecture par association « grapho-phonémique » persistent, c'est que le système ne permet pas un affranchissement total de ce mode. Des études ont montré que le cerveau était capable d'un apprentissage plus direct, qui s'est illustré par la méthode globale. Cette méthode a malheureusement montré ses limites pour certains éléments jugés moins performants ; d'autre part, les élèves ayant finalisé les apprentissages par cette méthode pouvaient se montrer plus fragilisés face à de nouveaux apprentissages, notamment dans les langues étrangères. Dans le cas des sujets psychotiques, on voit que le développement n'opère pas même avec la méthode associative. L'accès à ces apprentissages se montre encore trop complexe et pose de terribles difficultés pour trouver une entrée adaptée dans ces enseignements. À ce stade, notre hypothèse pourrait être : les nouvelles technologies offrent-elles un espace original qui permettrait de formuler des stratégies adaptatives pour soulager les sujets présentant ce type de handicap ?

Notre sujet convoque donc ici trois domaines théoriques majeurs qui sont la psychologie de processus cognitifs, que l'on pourrait étendre aux neurosciences très actives dans ce domaine cette dernière décennie : la pédagogie, la didactique et plus largement les sciences de l'éducation faisant appel aux nouvelles technologies et le champ de la pathologie. Ce qui nous intéresse particulièrement ici, ce sont bien les processus cognitifs qui sont à l'œuvre pendant la lecture (cerveau, organes sensoriels et moteurs) et non l'interprétation ou l'utilisation de l'information codée.

Croisements de disciplines

Les sciences des apprentissages sont un carrefour où neurosciences, didactique, psychologie et thérapeutique se rejoignent pour l'examen de ce qui pourrait être l'essence de l'évolution humaine : l'apprentissage. La psychologie n'avance pas seule. Les domaines qui traitent de la déficience mentale montrent que les espoirs concernant la réactivation d'un potentiel de stimulation cognitive grâce aux activités proposées par les nouveaux médias ouvrent de nouvelles voies à explorer. Le multimédia et la technologie permettent ainsi des expériences inédites dans de nombreux domaines : piloter un avion, ériger une cité, prédire des schémas thermodynamiques, concevoir, calculer, créer, élaborer modéliser à partir des simulateurs toujours plus puissants. Les méthodes, les outils, les nécessités se diversifient.

Nous avons décrit succinctement ici les contours de notre champ théorique en soulignant l'extraordinaire diversité des domaines disciplinaires qui s'imposent dès qu'on cherche à théoriser l'apprentissage de la lecture. Il restait à le situer sur le plan linguistique. L'homme est un être de langage. Le débat longtemps ouvert sur la question de la pensée en mot et/ou en image, investi dernièrement sans pouvoir trancher par les neurosciences, a montré l'importance des opérations linguistiques qui doivent être élaborées pour extraire de la pensée. Henri Meschonnic (1982), dans un ouvrage exposant sa théorie du rythme, montre l'importance de la forme poétique de sa structure et le dépassement du langage qu'elle opère : « À la relative carence théorique correspond une carence grandissante de l'enseignement. Elle

provient de l'inadéquation de l'enseignement de la langue et de la littérature au mouvement contemporain de la littérature et celui de la linguistique. » Comprendre le système expert du déchiffrage en lecture, c'est ouvrir le champ théorique de la lecture-compréhension et l'étendre à celui de la pensée humaine et de son expansion culturelle.

Descriptifs de la méthodologie globale

Une méthode d'entraînement

Nous mettons en place un protocole expérimental afin de repérer précisément les points de difficultés que les sujets évoluant dans des établissements spécialisés rencontrent dans les apprentissages et en particulier l'apprentissage de la lecture. Ainsi, dans une perspective double, notre dispositif se veut à la fois un procédé afin d'aller au plus près des éléments de difficultés dans un processus d'automatisation et se trouve également être une méthode d'apprentissage par les nouvelles technologies et des systèmes d'aide et d'analyse informatisés. Notre étude se situe aussi dans la filiation de l'épistémologie génétique de Piaget et sa méthode clinico-critique de « situation-épreuve », qui reste aujourd'hui la base d'un clivage et d'une catégorisation possibles entre les différents types et niveau d'apprentissage.

Nous cherchons donc à savoir si un entraînement sur logiciel présentant les bigrammes simples et fréquents de la langue française permet une nouvelle entrée dans le décodage chez des enfants présentant des troubles de l'apprentissage, notamment si une automatisation de la lecture peut s'effectuer à partir d'une base simple de bigrammes du type « consonne-voyelle ». Ce choix s'inspire des travaux récents en neurosciences sur les stratégies cognitives d'apprentissages de la lecture, synthétisé récemment par Stanislas Dehaene et sa théorie des « neurones bigrammes », qui matérialise le développement de stratégies de lecture « expert » par des saccades oculaires spécifique confirmant la mise en place des réseaux neuronaux pour le traitement d'unités de deux lettres.

À cette fin, nous avons élaboré une approche spécifique du décodage qui se caractérise par deux points pédagogiques spécifiques et une pratique d'un dispositif informatique. Tout d'abord nous avons réduit l'apprentissage des sons de la langue aux huit consonnes les plus fréquentes de la langue française, qui seront présentées avec le dispositif. Ensuite nous les disposerons toujours sous la forme de paires de « consonne-voyelle » ne souffrant d'aucune irrégularité « grapho-phonémique ». Enfin, nous les associerons à une plateforme d'entraînement pour ces relations « grapho-phonémiques » grâce à un logiciel qui comporte toutes les assistances nécessaires à ce type de public. Cela correspond à la réalisation d'un logiciel d'entraînement comprenant 180 exercices, différents systèmes d'aides, ainsi qu'un programme permettant l'enregistrement de la navigation et de toutes les manipulations de l'utilisateur. Des tests sur des utilisateurs filmés ont permis une étude ergonomique qui a apporté des correctifs au logiciel et l'assurance du bon déroulement du protocole expérimental ainsi que l'adaptation aux différentes configurations et système d'exploitation et aux différents supports : TBI, TNI, tablettes, ordinateur tactile, mobile.

Un pré-test permet de vérifier que le sujet connaît parfaitement les sons des lettres de l'alphabet (condition incontournable pour le test). Un entraînement à la reconnaissance par construction de bigrammes est ensuite suivi d'entrainement de reconnaissance par

construction de mot de 2 bigrammes (4 lettres), de 3 bigrammes (6 lettres) et de 4 bigrammes (8 lettres), qui sont tous issus de la combinaison du même ressource de bigrammes. Ces différents entraînements seront testés dans le cadre de l'enseignement en classe sur des enfants présentant différentes pathologies.

Les variables

Un pré-test permet de vérifier que le sujet connaît parfaitement les sons des lettres de l'alphabet, condition incontournable pour la validité du test. Les premières séances seront assistées de façon à s'assurer que la manipulation du logiciel est maitrisée et que l'intérêt de l'utilisation du système d'aide est bien compris. Les variables qui sont mesurées par le logiciel sont nombreuses, à savoir les temps de réponse, le nombre d'aides, le type d'aide, le nombre d'erreurs effectuées par l'utilisateur, le type des erreurs. Nous effectuerons également une analyse des types de séquences : journalières, éparpillées, concentrées, régulières, etc.

L'utilisation du logiciel et la numérisation des données permettent de s'appuyer sur des variables stables de manipulations et de navigation. Toutefois, de nombreuses variables dépendant directement des situations d'apprentissage devront être pris en compte en fonction du public visé. La disposition des sujets aux apprentissages dans le milieu spécialisé est une variable qui ne peut être maîtrisée et qui reste très aléatoire.

Le choix des mots revêt une grande importance. Nous étions sur un protocole qui cherchait à supprimer ce qui pouvait représenter une charge cognitive pour les élèves. Les bigrammes les plus fréquents ont été calculés statistiquement et sélectionnés selon la forme « consonne-voyelle ». Nous sommes partis de cette base élémentaire simple des sons, une étude ayant montré qu'une simplification des éléments de langage ramenait toujours ces éléments sous cette forme simple, les premiers principes du langage, selon Habermas, étant des principes d'économie. Nous avons donc isolé une cinquantaine de séries CV et recherché les mots de la langue française qui composaient cet ensemble. A notre grande surprise, très peu de mots respectent ces contraintes. Aussi, après une étude exhaustive, avons-nous retrouvé une cinquantaine de mots de 4 lettres, un peu moins de 6 lettres, une dizaine de 8 lettres, et quelques mots rares plus longs respectant ces critères.

Les variables dépendantes sont nombreuses. Une des grandes difficultés de cette étude va être de sélectionner les variables dépendantes pertinentes et d'en soustraire toutes les variables indépendantes qui peuvent s'y rapporter. La catégorisation des sujets en termes de compétences d'apprentissage s'avérera faire partie des variables indépendantes pour des questions de complexité d'évaluation.

D'autre part, les variables orectiques sont à prendre en compte également : ce sont des « variables non cognitives intervenant dans l'apprentissage » (De Landsheere, 1992, p.39). Dans notre étude, elles correspondent aux traits de personnalités et éventuellement aux différentes humeurs qui peuvent pénétrer le sujet. En effet, la plupart des sujets de notre groupe « enseignement spécialisé » sont des enfants qui ont un traitement neuroleptique (ou antipsychotique) exerçant une action sur le cerveau et pouvant donc influencer les stimulations. Des études de fréquences de lettres et de bigrammes sur les deux versions de logiciels utilisés pour le protocole permettront de contrôler les variations des variables dépendantes et indépendantes.

Le cadre de l'expérience

Ce protocole expérimental constitue une partie d'un protocole plus large opéré dans le cadre d'une thèse universitaire. Celle-ci cherche à définir les spécificités des échecs dans les apprentissages fondamentaux et plus précisément dans le domaine qui nous intéresse qui est celui de l'apprentissage de la lecture. Elle vise principalement un public précis que sont les enfants orientés en établissement spécialisé. Elle s'appuie sur une étude comparative par l'utilisation d'un logiciel d'aide au déchiffrage sur la base de bigramme simple (régulier et sans ambiguïté) qui s'effectuera en milieu spécialisé et en milieu ordinaire.

L'apprentissage de la lecture sollicite d'abondantes fonctions cognitives : conscience phonologique, aptitude spatio-visuelle, attention, mémoire de travail, correspondance graphème-phonème, vocabulaire, etc. Les enfants déficients intellectuels n'accèdent en effet qu'exceptionnellement à un niveau de lecteur expert malgré de nombreux dispositifs de rééducation et de remédiation qui ont été mis en place depuis plusieurs décennies au sein de ces établissements.

La première visée de l'expérience est de mettre à jour des stratégies permettant d'optimiser ces apprentissages malgré les déficits et les déficiences, en ciblant les différentes pathologies étudiées ainsi que la maturation du système cognitif. En effet, l'acquisition de ces règles est opérée par des processus universaux, et leur développement est fortement déterminé par des contraintes maturationnelles des systèmes sensoriels et la mise en place neuronale des systèmes associatifs. La connaissance et la compréhension des difficultés dans les apprentissages ciblés telle que la lecture vont permettre de proposer de nouvelles entrées dans le décodage et éclairer notre compréhension des difficultés d'apprentissages dans d'autres domaines.

Le second objectif est la réalisation, après ces séries de tests, d'un logiciel plus sophistiqué et élargi, qui sera consacré à ces apprentissages suivant une exécution ascendante et hiérarchisée dans un environnement maîtrisé, mesuré et cartographié afin de favoriser une acquisition solide des différentes étapes de ces apprentissages. Les algorithmes du logiciel, grâce à un couplage avec des outils oculométriques ou des mesures physiologiques, pourront détecter certains profils dans l'objectif d'un dépistage précoce et un diagnostic inscrit dans une théorie neuro-éducative des processus.

Les hypothèses fondatrices de l'expérience

Hypothèse principale :

La plupart des enfants déficients intellectuels n'ont pas accès à la sémantique d'un texte, même s'il reste rudimentaire. Le déchiffrage lui-même est déjà trop complexe pour être automatisé et crée *de facto* une surcharge cognitive qui ne permet pas d'aller plus loin dans cet apprentissage. Si nous pouvions libérer les apprenants de cette charge, et si elle restait la seule barrière à l'accès à un mode de lecture « expert », il devrait développer une stratégie analogue à celle décrite par les modèles cognitifs récents, notamment - et en dernier lieu - celui de Stanislas Dehaene, tel qu'il a été présenté synthétiquement au précédent chapitre.

L'utilisation de l'ordinateur, par la répétition et la recherche de sons spécifiques avec des systèmes d'aides permettant à l'enfant d'évoluer de manière autonome dans cet univers

des sons et de leurs représentations, permet-il une automatisation du déchiffrage de mots sur la simple base de la méthode associative grâce à une répétition opérante chez les personnes présentant une déficience mentale et des troubles de l'apprentissage associés ? En d'autres termes, y-a-t-il automatisation des apprentissages sur la simple base de la méthode associative pour le déchiffrage des mots réguliers ?

Les réponses apportées pour l'incapacité des enfants handicapés mentaux à devenir des lecteurs doués font souvent état de surcharge cognitive. Ainsi, si l'on testait ces jeunes sur une construction lexicale qui puisse entamer l'ensemble de ces obstacles, quel genre de données pourrait-on obtenir ? Les apprentissages s'effectueraient-ils à une vitesse proche d'un apprentissage classique ? Le fait d'avoir établi une construction lexicale pour certains mots « faciles » favorise-t-il l'apprentissage d'autres mots plus complexes ? Les schémas neuronaux mis en place pour l'automatisation influencent-t-ils la construction des suivants ? Un réseau neuronal du déchiffrage élémentaire, complet et accompli, comprenant le cheminement « lettre-bigramme-mot », peut-il interférer sur le réseau global de ces apprentissages et donc modifier ou favoriser leur structure ?

Hypothèses secondaires :

Le fait de reconnaître certains mots va-t-il accélérer le déchiffrage d'autres lexies ? Le réseau de reconnaissance qui se met en place pour certains bigrammes facilite-t-il l'émergence du réseau complet ? Quelles sont les paires minimales nécessaires pour reconnaitre un mot : la totalité, un certain pourcentage, les débuts ou fin de mot et selon quels types de bigrammes ?

Combien de temps faut-il pour l'automatisation d'un bigramme, d'un mot qui rassemble des bigrammes appris, d'un mot non connu ? Quel type de travail d'apprentissage s'effectue-t-il de manière naturelle chez les enfants de milieu ordinaire qui ne s'opère pas chez les enfants déficients mentaux ?

Y-a-t-il corrélation entre les temps de réponse, la vitesse des apprentissages et les niveaux de déchiffrage ? Ou encore avec le nombre de saccades, le nombre d'erreurs commis lors des exercices, ou l'utilisation des systèmes d'aides. Y a-t-il corrélation entre les performances sur les mots appris et les mots non connus, une reconnaissance facilitée des bigrammes de la méthode par rapport à la reconnaissance de bigrammes non travaillés, ou encore des bigrammes qui sont juste visualisés ?

Les bigrammes appris ont-ils une influence sur la reconnaissance des bigrammes en miroir (mare et rame) ? Les bigrammes constituant des mots retenus sont-ils plus facilement reconnus dans d'autres mots ? Des études ont observé que certains élèves performants peuvent rapidement assimiler ces processus et court-circuiter quasiment de nombreux stades de l'évolution du réseau neuronal montrant ainsi qu'il était possible d'optimiser ces constructions. Nous cherchons par l'examen de toutes ces hypothèses à expérimenter les champs théoriques de certains systèmes d'optimisation.

Quelles sont les paires minimales connues nécessaires pour reconnaître un mot pour les enfants en milieu ordinaire et les enfants en école spécialisée : la totalité, un certain pourcentage, les débuts de mot, les fins de mot ? Combien d'exercices sont nécessaires pour l'automatisation de la reconnaissance d'un bigramme, d'un mot composé de bigrammes reconnus ? Quels types d'automatisation s'accomplissent de manière naturelle chez les enfants de milieu ordinaire et n'opèrent pas chez les enfants déficients mentaux ? Y-a-t-il

corrélation entre les temps de réponse, la vitesse des apprentissages et les niveaux de déchiffrage ? Dans le cas de chronométrie et/ou d'oculométrie, y a-t-il corrélation entre le nombre de saccades, le nombre d'erreurs commises lors des entrainements, l'utilisation des systèmes d'aides ?

Méthode de vérification d'hypothèses secondaires :

Le fait de reconnaître certains mots va accélérer le déchiffrage d'autres mots comportant les mêmes racines (de paires de lettres) : dans une même suite de lettres, comme par exemple (rive : rivale, rivalise, rivalisera), dans une suite composée, comme par exemple (tire : lire, tirelire), des débuts de mot et des fins de mot, comme dans les exemples suivants (cale : recale, mari : maritime). Dans le cas des troubles de l'apprentissage, on peut s'attendre à ce qu'une série de paires qui trouve une résolution dans un mot ait tendance à figer le réseau plutôt qu'à ouvrir les différents champs de reconnaissance possible.

La méthode : L'enregistrement de l'entraînement mesure la vitesse d'acquisition des différents bigrammes puis des différents mots. Les données permettront de définir s'il y a une accélération de la reconnaissance des bigrammes puis des mots, au fur et à mesure que l'assimilation de l'association se met en place. La mesure des temps de réalisation et le nombre d'erreurs lors de l'entraînement, ainsi que l'utilisation de certaines aides qui devrait s'amenuiser, constituera un bon indicateur de la mise en place du réseau d'associations. Le test final devra permettre de confronter les mots comportant les mêmes configurations (partages d'un maximum de paires de lettres) afin de comparer leurs données chronométriques.

Le réseau de reconnaissance se mettant en place pour certains bigrammes facilite l'émergence du réseau complet sur la base du même type de codage, les éléments se renforçant les uns les autres. Une schématisation des différentes progressions doit montrer cette dynamique de l'apprentissage.

Lorsque nous avons une série complète : V+A=VA ; L+I=LI ; D+E=DE ; VA+LI=VALI ; LI+DE=LIDE ; VA+LI+DE=VALIDE. Le fait d'automatiser un processus de reconnaissance va amener les apprentissages suivants à anticiper la finalisation du processus et donc faciliter les automatisations qui n'opèreront pas de manière isolée mais comme éléments d'un ensemble qui doit former un réseau. Il semble que ce soit justement cet élément de métacognition qui soit un obstacle chez certains sujets n'intégrant pas la finalité du processus après les premiers apprentissages.

La méthode : Après un premier cycle d'apprentissage complet, un second cycle d'apprentissage devrait se faire plus rapidement et surtout plus solidement puisque s'intégrant dans un réseau complet d'association parfaitement fonctionnel. La proposition d'un second cycle de paires (même plus rares ou plus complexes), présenté aux sujets ayant parfaitement réussi la première partie, devrait confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Un nombre de paires minimales connues (CV) doit être nécessaire pour la reconnaissance des mots qui les intègrent, en fonction de leur positionnement : les débuts de mot, fins de mot, totalité du mot selon les types de bigrammes. Chaque assimilation de paires (CV) va ouvrir des possibilités de lecture. Pour les sujets alertes, les mots seront automatiquement déduits et peuvent même débloquer la lecture de mot avec des trous. Pour d'autres sujets, des exercices mettant en évidence l'application de ces associations sera

nécessaire, en faible quantité pour les moins défavorisés et en plus grande quantité pour ceux rencontrant les plus grandes difficultés.

Des tests pourront croiser les éléments RADE et PAPI, permettant de lire RAPIDE. VALISE ET RIDE permettant VALIDERA, même s'il manque l'élément RA. SALADE permet de passer à SOLIDE, si le réseau devient autonome et crée des automatismes spontanés relatifs à un bon fonctionnement, sinon les deux mots devront être appris séparément, et leur proximité ne se révèlera qu'ultérieurement. L'association « grapho-phonétique » ne se faisant pas de manière optimale conditionne une autre forme de surcharge cognitive.

La méthode : Le logiciel permet de comparer les paires qui ont déjà fait l'objet de reconnaissance dans des exercices précédents et d'observer le nombre de ces paires que le mot comporte. Nous avons créé deux corpus d'exercices qui seront décrits plus loin dans le protocole expérimental : celui des paires lues ou entendues lors de la réalisation d'exercices et le corpus de paires mesurées comme reconnues car étant l'exercice lui-même (la paire à reconnaître). Ainsi chaque mot peut posséder un poids correspondant aux paires lues, entendues et reconnues. Il reste alors à effectuer une classification hiérarchique des mots les plus reconnus et de la mettre en corrélation avec la classification hiérarchique des mots qui ont le plus de poids.

Comment déterminer le réseau de reconnaissance des paires (CV) qui se met en place ? Y a-t-il une hiérarchie (rapport aux fréquences de sons dans la langue), un rythme croissant ou décroissant opérant par stade au fur et à mesure de la compréhension et mémorisation du système ? Les sons les plus fréquents dans les exercices vont-ils être assimilés plus rapidement, ou bien est-ce la présence dans un mot qui va consolider plus fortement leur apprentissage et leur automatisation ?

La méthode : Certaines paires peuvent être volontairement sur-représentées dans les premiers exercices composés d'une seule paire ou de deux paires, puis pourront être comparés à d'autres bigrammes qui ont été moins entraînés mais vont apparaître concrètement dans d'autres mots. Le test final pourra montrer lesquels ont été le plus assimilés (fréquence vs finalité).

L'étude de la mise en place d'une automatisation du déchiffrage peut permettre l'élaboration d'un diagnostic pour les enfants souffrant d'un déficit des apprentissages. Un temps moyen calculable est nécessaire pour l'apprentissage d'un bigramme ou d'une série de bigrammes (mot ou pseudo-mot) selon la longueur de cette série.

On peut établir la statistique des temps nécessaires pour l'apprentissage des paires de 2, 4 ou 6 lettres en comparant les 6 lettres comportant des antécédents dans les paires de 2 et 4 lettres à ceux qui n'en ont pas. Quelques mots se dégagent par le fait que nous avons une progression linéaire (FINE, FINALE, FINALISE) et d'autres beaucoup moins, comme JUVENILE. POLARISA

Une modélisation des schémas d'apprentissage pour chaque sujet de l'expérience peut déterminer une modélisation moyenne du développement du réseau de déchiffrage pour ces items. Les temps d'apprentissage de chaque individu pour chaque niveau de paires de lettres, voire pour chaque type de paires permet d'établir une moyenne qui puisse servir d'étalon dans le domaine de cet apprentissage. Cet étalon permet de mesurer l'état du réseau neuronal de chaque futur apprenant. Pour chaque mot, les paires peuvent se voir attribuer des poids en

fonction de leur nombre d'apparition dans la totalité des exercices, dans leur nombre d'apparition dans la totalité des paires efficaces regroupant des mots ou dans leur nombre d'apparition dans la langue orale. Ces poids peuvent constituer une matrice qui peut être mise en corrélation avec les résultats des différents sujets et de leurs évolutions dans cet apprentissage.

La méthode : La récupération de l'ensemble des données doit permettre la réalisation de matrices présentant l'évolution individuelle de l'apprentissage. Selon différentes approches, une modélisation partielle ou complète desdits apprentissages permettra une synthèse des données comme outil de mise en corrélation des différentes progressions et d'en déduire une représentation gaussienne.

Selon les profils, IME ou milieu ordinaire, on peut s'attendre à pouvoir déterminer un processus commun d'apprentissage du type : exercice ; compréhension du principe ; acquisition de la logique de base ; élargissement du principe à l'ensemble : assimilation, ou apprentissage d'un certain nombre d'items créant une base qui permet l'établissement d'une logique dans un système global. ou le découpage de l'automatisation en unités discrètes. nous pouvons ajouter la présentation des processus conventionnels des sciences de l'éducation et des neurosciences pour l'automatisation du déchiffrage, examen de leur résistance à l'épreuve de la modélisation obtenue, proposition d'une validation ou d'une critique de ces modèles, enfin, des propositions de processus qui peuvent également correspondre aux observations et analyses requises de notre expérience.

La méthode : La récupération des données décrites dans la procédure précédente puis la comparaison par groupe (IME/milieu ordinaire) et surtout par item (réussite, nombre d'erreur, de navigation, utilisation des aides), devra permettre de mettre en évidence les différences entre les groupes et surtout les points d'échec des enfants en difficulté d'apprentissage pour les mettre en correspondance avec les pathologies diagnostiquées, lorsque c'est possible.

Lors de l'apprentissage du déchiffrage, un traitement de l'information se produit naturellement chez les enfants de milieu ordinaire et ne s'opère pas chez les enfants déficients mentaux. Les différences spécifiques entre le sujet de milieu ordinaire et le sujet de milieu spécialisé lors de ces apprentissages pourront être modélisées pour être analysées plus finement et proposer une analyse comparative entre les résultats en milieu spécialisé et ceux obtenus en milieu ordinaire. Les points de comparaison pourront être définis en fonction des éléments pertinents qui apparaîtront après la récupération et traitement des données.

La méthode : Après les mesures de la partie précédente, il est désormais possible de reprendre ces analyses de manière plus individualisée. La comparaison des parcours de sujet représentatif permettra de mettre en évidence les distinctions, point par point, de la progression de deux individus en fonction des pathologies ou de l'absence de pathologies.

Pour donner suite à ce modèle didactique, nous pourrons observer par oculométrie des profils d'apprentissage qui permettront de distinguer les sujets qui reconnaîtront les mots par formation logiques des « paires de lettres » et ceux qui ont mémorisé de manière photographique les mots rencontrés lors des phases d'exercices et le mettre en relation avec des profils de pathologies. Le test final étant de type « recherche de mot dans une série », qui couplera la chronométrie et l'oculométrie. La chronométrie sera un bon indicateur des résultats d'apprentissages, et l'oculométrie mettra en évidence les stratégies de lecture mise en place.

La méthode : Un élève qui connait parfaitement le mot à rechercher et aura automatisé sa lecture aura tendance à opérer par saccade unique correspondant aux critères habituels de lecteur expert (nombre de saccades, emplacement de la saccade, temps de saccade). D'autres, qui auront automatisé un certain nombre de paires, pourront opérer une recherche par début de mot ou par racine du mot, les saccades tombant alors en début en passant d'un mot à l'autre. Enfin, certains opèreront une lecture de déchiffrage (paire par paire), avant de donner la réponse. Enfin certains se perdront dans un déchiffrage laborieux sans parvenir à la bonne réponse. D'autres enfin peuvent présenter des stratégies moins évidentes désorganisées ou de papillonnage, où seul un entretien pourra permettre un éclairage sur les stratégies mises en place.

La vitesse des apprentissages et les niveaux de déchiffrage est en corrélation entre les temps de réponse, le nombre de saccades, le nombre d'erreurs commis lors des exercices, l'utilisation des systèmes d'aides et de la fonction « réessayer » de la plateforme d'apprentissage.

La méthode : Etude corrélative entre les résultats au test final et les types d'apprentissages voire les stratégies d'apprentissages en fonction des groupes. Le but étant d'analyser les éléments pertinents ou groupe d'éléments pertinents qui permet de définir les bonnes stratégies et mauvaises d'apprentissage. Ainsi, une maîtrise totale du processus devrait permettre d'anticiper les résultats du test avec la simple analyse des résultats aux exercices. Une seconde étape serait de prévoir les types de saccade et les stratégies de lecture ainsi que le pourcentage d'erreurs probables sur des points précis, à partir de la modélisation obtenue à partir des entraînements.

Les bigrammes appris peuvent exercer un certain degré d'influence sur la reconnaissance des bigrammes non appris ou les bigrammes en miroir. Le réseau doit pouvoir fonctionner en autonomie et produire des correspondances à partir de la logique d'association assimilée. Ainsi le mot MARE, qui arrive après la pratique des paires deux lettres, doit permettre la lecture du mot RAME, sans que les paires RA et ME n'ait été entraînées. Nous pouvons distinguer des rythmes d'apprentissage selon les types de séquences : journalières, éparpillées, concentrées, régulières, dont certaines seront plus efficaces pour l'ancrage mnésique des items.

La méthode : Les analyses permettront de définir un profil idéal d'organisation des apprentissages, qui sera sans doute spécifique au type de groupe et distinct du milieu spécialisé et du milieu ordinaire.

Déroulement de la thèse

Issue d'un travail de Master

Nos premières expériences dans un travail de Master ont montré qu'une infime partie de l'écrit suffisait à fournir un déchiffrage correct que ce soit au niveau de la reconnaissance des lettres ou des mots. Nous avons montré également que les informations montraient une bipolarité sur son axe et que la partie centrale était moins importante et qu'elle laisse supposer une troisième voie de lecture qui s'appuierait plutôt sur la forme globale du mot que sur la combinaison de bigrammes. Notre seconde expérience semble donc montrer que le nombre de

saccades ne dépend pas essentiellement du type de bigrammes, pas même du nombre de mots mais plutôt du nombre de caractères, c'est-à-dire du volume de lecture à complexité égale.

On sait que la statistique des bigrammes est profondément liée à la statistique lexicale ainsi qu'à la fréquence des mots grammaticaux. Les expériences en oculométrie suggèrent une corrélation entre les temps de fixation et le nombre de fixations, entre le temps des saccades et le volume d'apprentissage, que le nombre de fixations diminue sensiblement avec l'automatisation.

Armé d'un ancien master en sciences de l'éducation qui me donnait des appuis pédagogiques, j'entrais donc dans ce travail de thèse où la spécificité d'une intervention auprès d'enfants handicapé faisant intervenir un dispositif technologique. Un second master en « handicap et technologie » en double cursus permit d'approfondir mes compétences dans le domaine technologique (en particulier celui de la programmation) et également de mieux comprendre les différents champs de recherche reliant ces deux éléments et mettant en valeur leur spécificité. Le contenu de certaines études ayant fait l'œuvre d'une publication sera exposé dans la partie du mémoire consacré à cet effet intitulé « Nouvelle technologie et handicap ».

Recherche d'écoles pilotes

Cette étude présentait de grandes difficultés par plusieurs aspects. Tout d'abord un aspect institutionnel, la finalité de notre étude visant principalement les IME, les écoles maternelles et les écoles primaires. Pour le milieu ordinaire, il a fallu trouver des partenariats et s'assurer la collaboration de nombreux partenaires afin de pouvoir mettre en place le protocole et l'intégrer dans un programme scolaire bien fourni, abandonnant peu de place aux expériences extérieures sans que cela ne représente une surcharge de travail pour les élèves.

La recherche d'établissement pouvant accueillir le protocole a été souvent compromise par le nombre de sollicitude nécessaire pour l'obtention d'une autorisation. Nous avons souligné également la suppression des salles TICE ces dernières années ainsi que la suppression des environnements WINDOWS qui n'a pas facilité ce travail. Les responsables que j'ai rencontrés ont tous été enthousiasmé par le projet mais la faisabilité posait des problèmes et nous avons dû souvent renoncer. Ainsi ce qui devait être une formalité s'est transformé en parcours du combattant afin de réunir les conditions nécessaires au protocole.

Ces conditions exigeaient d'obtenir un contact avec l'inspecteur de circonscription de l'éducation nationale de la région concernée, de convaincre la directrice d'établissement d'accueillir le projet, de mettre en place le dispositif informatique nécessaire, d'obtenir le soutien de la directrice pédagogique, d'avoir l'accord des DSI de mairie, voire parfois du responsable de mairie, de convaincre les enseignants d'intégrer le processus dans leur programme et enfin d'obtenir le consentement des parents. Une fois ces conditions réunies, il restait à espérer que les enfants s'investissent suffisamment dans le logiciel pour arracher les précieuses données nécessaires à notre étude. Enfin, il fallait un suivi et des relances suffisantes pour que le rythme des séances effectuées par les enseignants reste régulier et que le programme ne tombe en désuétude. C'est pourquoi, j'ai tenu à remercier solennellement les personnes qui ont travaillé à la réalisation du protocole et rendu notre étude possible.

Partie 2 théorique 1 : étude du champ didactique et pédagogique

L’apprentissage de la lecture

Une métamorphose anthropologique

L'écriture, substitut de la langue orale

Du trait à la forme géométrique, de la graphie au nom de la lettre, du groupe au son produit, la lecture n’est que la genèse d’un chemin extrêmement complexe qui va mener à l’expertise en reconnaissance. On peut lire la géologie dans la roche, affiner sa maîtrise dans le trait du pinceau ou encore améliorer sa précision de la manufacture du travail de pierres précieuses, toutes ces facultés nécessitent une forte éducation du regard, conjuguée à l’interprétation plus ou moins fine des signaux envoyés par cerveau afin de créer du sens.

Cette éducation est encore à travailler dans le domaine du handicap et les chantiers sont nombreux. Education du regard pour amener ces enfants au déchiffrage sur des compétences qui leur sont tellement étrangères. Education à la lecture et à la curiosité d’un monde qui semble leur échapper. Education de notre propre regard sur le handicap, non pour l’effacer au nom de la stigmatisation mais justement pour le rendre plus visible et compréhensible. Education aux regards croisés des différents spécialistes de la question qui s’enferme dans des débats théoriques qui rendent toute action stérile. Education au langage et à la communication par tous et pour tous pour une ouverture de la culture, de la lecture et de l’audition.

Au-delà de l'audition, de la lecture et de la culture, c'est la « voie royale », celle du langage et plus largement de la parole, discours d’un sujet dans la construction de son identité, de son échange socio-culturel, terreau même de sa citoyenneté, qui est en jeu. Cet outil de transduction ouvre l’accès à la communication moderne galopante, de l’administratif à la littérature, véritable métamorphose historico-anthropologique de la communication sociale, colonne vertébrale du développement personnel essentiel au bon équilibre des individus.

La puissance de l’imaginaire passe par les mots

La lecture fait appel à l'imaginaire du lecteur. Le déchiffrage créé le « mot-concept » qui devra trouver un écho dans l'imaginaire du lecteur. On peut noter que, si elle ne trouve pas d'écho, l'image concept peut être mémorisée sans attache ni représentation, en attendant de pouvoir y déposer du sens. Cette capacité d’hibernation des mots, qui attendent de trouver un sens formel de la parole vivante ne semble pas avoir attiré l’attention des chercheurs sur ces étranges compétences nécessaires à la construction du langage.

L'histoire du sujet s'occupera de combler ces vides en construisant peu à peu un bagage culturel et intellectuel et un univers symbolique. Freud a déjà montré, dans l’homme au loup, la puissance de la lettre et la charge sensible, affective, traumatisante qu’elle peut posséder. Le rapport aux lettres, aux mots, à la lecture véritable transit vers le monde n’est pas une simple logique de transcription, il engage et cautionne le rapport à la réalité et la rend plus palpable et concrète.

Ainsi, le sujet va être pris dans le triptyque du langage, de l'imaginaire et de la réalité. Cette trilogie déjà remarqué, donnant quasiment son titre à l'école doctorale de notre université « Texte, Imaginaire, Société », avise notre rapport à l'autre en discours dans une dimension centrale de l'*hétérogénéité* du dire (Authier-Revuz; 1995, Prieur, 1996,1999). Cette sociologie du langage constitue une ouverture possible à l'inclusion de personnes handicapées dans une véritable dimension sociale par une activité « épilinguistique ». Aussi, selon la théorie linguistique de Saussure, l'échange vient amplifier la marque du signifiant en donnant de l'épaisseur significative au signifié.

Un virage culturel

L'apparition de l'écriture et donc de la lecture a fait sortir l'homme de la préhistoire pour ouvrir celle de l'histoire écrite. Il y a plus de 5 000 ans, l'homme inventait effectivement les premiers systèmes d'écriture et le perfectionnait au cours des siècles. Nombre de support d'écriture voient le jour. Il s'agit d'un bouleversement non seulement socio-culturel, comme nous l'avons discuté plus haut mais aussi biologique, de sorte que l'histoire de l'écriture et des écritures ont façonné les modes de vies et les esprits. Les travaux récents de Thierry Baccino montrent comment les différents supports de lecture et leurs utilisations ont transformé les pratiques culturelles et configuré nos cerveaux (Baccino & Zerbib, 2015).

La lecture numérique semble en effet bien différente de la lecture sur papier, divergeant sur le plan matériel, le plan formel et l'aspect structurel. Les données des études récentes montrent effectivement un déficit global de la perception et de la compréhension des textes. Cette carence est directement liée à l'utilisation grandissante des supports électroniques. En effet, ce que Thierry Baccino taxe de « patchwork informationnel des pages du web », ainsi qu'autres magazines et mode de communication permanent à caractère réduit, disperse l'attention du lecteur, en réduisant la compréhension et la mémorisation. On assiste donc à une érosion lente des supports stables qui ne modifiaient pas la forme des textes au cours de la lecture.

Le niveau de lecture et d'écriture va déterminer l'accès aux contenus et à la relation épistolaire, qui sont le ciment communicationnel de notre société moderne ainsi que les garants d'un certain degré de pensée. Sachant que le lexique d'un individu permet une entrée de lecture et que ladite lecture va alimenter ce lexique, on comprend l'importance sociale de cette performance. Des carences sur ce plan sont souvent présentes chez nos sujets de milieu spécialisé pour lesquels, selon une étude récente, 8% ne parviendront pas à un niveau scolaire équivalent au CM2

La conscience phonémique

Apprentissage kinesthésique

Déjerine fait la théorie de ce qu'il appellera plus tard la cécité verbale pure décrivant un individu qui ne reconnait plus les lettres écrites mais reconnait les objets ainsi que les lettres de manière kinesthésique, c'est-à-dire par palpation. On sait que certains aspects d'une activité motrice ne s'acquièrent pas sans que le mouvement ne soit réellement effectué. L'apprentissage se réalise notamment par les aspects liés à son exécution et au contrôle de son déroulement.

Un apport kinesthésique sensoriel permet de différencier les pratiques et d'assoir un réseau neuronal très diffus, qui va pouvoir répondre à un apprentissage. Particulièrement, lors

des étapes de l’apprentissage de la lecture, la phase d’écriture en miroir, due au fait que l’exaptation de la région neuronale, d’abord conçue pour la reconnaissance des objets, fonctionne en miroir. Le geste va ici permettre de renforcer la distinction entre recto et verso, profil droit et profil gauche, lettre « p » orientée vers la droite et lettre « q » orientée vers la gauche. De ce fait, la simulation de l’action sur ordinateur destinée à enrichir l’expérience de l’apprenant ne concerne que les aspects qui peuvent être dissociés de l’expérience réelle.

La distinction entre les acquisitions généralisables à partir de l’action ou de la représentation de l’action doit être tangible face aux perspectives d’introduction de l’activité simulée dans de nombreux domaines d’application des dispositifs d’apprentissages et notamment ceux qui font intervenir l’outil informatique ou plus largement les écrans.

Lexique *et vocabulaire*

Les compétences de lecture font également appel au vocabulaire de l’individu, impliquant les conséquences déterminantes de la quantité et de la qualité de ce vocabulaire chez le sujet lecteur. Nous avons dit que les compétences de lecture modifient l’imaginaire ainsi que la représentation du monde et des objets. La particularité du lexique tient dans ce qu'il permet de lire mais surtout de comprendre. Le sens d'un mot ne peut être récupéré qu'après une analyse des propriétés formelles, c'est-à-dire visuelles, orthographiques et phonologiques pour l'essentiel.

Notre étude de la mémorisation des mots sur support informatique tient de ce que l'accès à la prononciation et à la signification des mots est restitué à partir d'un lexique mental stockant des représentations d’ordre différent. On admet généralement que l'accès au lexique se fait à partir de trois types de propriétés : les propriétés orthographiques, morphologiques et phonologiques. L’apprentissage dépend directement de l’acquisition de vocabulaire. La méthode globale a montré que la mémorisation des formes linguistiques fait partie des prérequis qui facilite la lecture. Il paraît donc possible que les difficultés d’attention et de mémorisation pénalisent ces jeunes en difficultés dans les apprentissages fondamentaux.

On l'a vu, la particularité du lexique tient dans ce qu'il permet de lire mais surtout de comprendre. Ainsi, le sens d'un mot ne peut être récupéré qu'après l’ analyse des propriétés formelles à savoir visuelles, orthographiques et phonologique pour l'essentiel. L'existence d'un lexique mental est remise en cause par certains modèles connexionnistes. Les codes orthographiques, phonologiques sémantiques seraient appelées et/ou calculés à chaque lecture. Cette approche permet de repenser ce fonctionnement sur un plan neuronal et ouvre de nouvelles questions : combien de lexiques mentaux avons-nous ? Comment sont-ils organisés, connectés, influencés, construits ?

Dans une situation d’apprentissage, l’élève mobilise ses connaissances antérieures et doit les confronter à la situation nouvelle proposée par l’enseignant. Cette disposition engendre des perturbations cognitives génératrices d’erreurs. Dans le souci d’opérer son propre rééquilibrage sur le plan cognitif, l’élève peut omettre des paramètres ou les interpréter de manière erronée. « Pour les jeunes enfants, le langage oral est perçu comme quelque chose de continu. Ils n’ont pas besoin d’un découpage précis des mots pour la captation du sens. Un fait important, tant sur le plan théorique que par ses conséquences pédagogiques, est que l’enfant ne semble pas arriver spontanément à isoler mentalement. Si on présente un mot en en espaçant les syllabes successives, sa reconnaissance ne pose pas de problème pour les mots familiers ; elle est difficile pour les mots non familiers. » (Golder & Gaonac’h, 2000, p16).

L'accès à la prononciation

La façon dont l'enfant progresse dans l'apprentissage de la lecture a fait l'objet de plusieurs descriptions dont la présentation risque d'être fort ennuyeuse et se montrer peu utile. Nous nous limiterons donc à la conception de Frith : « [Il s'agit de] la référence à la forme générale du mot écrit, sans aucune décomposition. On peut aussi admettre qu'il repose sur une certaine composition, en référence à des représentations orthographiques : il y aurait alors utilisation de configurations caractéristiques des lettres dans une langue donnée dont le repérage faciliterait l'identification des mots, dans tous les cas, les mécanismes de reconnaissance des mots supposent donc une représentation visuelle en mémoire ; on dit que cette reconnaissance s'effectue par adressage ; la représentation visuelle, ou orthographique, constitue une adresse qui permet de recouvrer les informations lexicales (la prononciation et le sens du mot reconnu) » (ibid., p32). Notre étude déterminera si la mémorisation à partir de mots simples et de médias différents est possible chez ces élèves en difficultés pour amorcer, par l'acquisition de prérequis de lecture, une entrée dans cet apprentissage.

On parle souvent de conscience phonémique ou de Conscience phonologique (allor et al 2010 ; Snowling et al, 2008) pour désigner la maitrise du découpage de la chaine sonore engageant la syllabe, le phonème, le graphème. C'est cette transcription qui sera à l'œuvre lors de la lecture, son apprentissage est indispensable sans en constituer une méthode. L'élaboration de ce nouveau système de représentation nécessite un apprentissage long et complexe.

La correspondance entre les sons et les lettres, entre les graphèmes et les morphèmes va se mettre en place après la maitrise de grand nombre de compétence qui vont amener l'enfant à reconsidérer le langage oral et l'entreprendre dans toute sa complexité. Ce passage peut engendrer un certain nombre de réactions conscientes et inconscientes. Ces apprentissages se font à la maternelle et sont un lieu de dépistage précoce des enfants qui vont rencontrer des problèmes dans l'apprentissage de la lecture.

Le code phonologique

La conscience phonétique a été depuis longtemps mise en évidence pour l'accès à la lecture. Les élèves doivent pouvoir se représenter les unités phonétiques de la langue afin de comprendre efficacement cette dernière. La lecture repose sur ce prérequis expliquant que les personnes sourdes rencontrent de grandes difficultés dans cet apprentissage ce manque ne pouvant pas toujours être compensé. Nous développerons ce point précis des malentendants dans un chapitre sur l'apprentissage et le handicap, en citant notamment le travail de Jacqueline Leybaert et son équipe de recherche belge.

Certains travaux ont montré que le code phonologique permettait un accès à la fonction sémantique du mot (Jarred et *alii*, 1999). Certains l'affirment même obligatoire, là ou d'autres études neuropsychologiques suggèrent qu'il n'est pas incontournable, en s'appuyant notamment sur l'étude de l'apprentissage de la lecture chez les personnes sourdes. Ainsi, les entrées orthographiques de la lecture pourraient concourir seules à l'activation sémantique. Chaque mot correspondrait à un référent qui représenterait son faisceau de traits sémantiques. Ce sont des atomes de signification qui forment les entrées mais aussi les entités même du mot. Tout comme les morphèmes, elles portent des informations sur les racines, préfixes, suffixes ou encore les relations qu'elles entretiennent avec d'autres mots, y compris dans des corpus linguistiques différents. Cette interactivité pourrait expliquer les phénomènes

d'amorçage[3]. La lecture d'un mot amorce la reconnaissance des mots reliés, comme on amorcerait une pompe. Ce phénomène d'amorçage est à la fois morphologique/sémantique (comme *mer* et *maritime*, *lu* et *lisons*) et morphologique/non sémantique.

Dans la perspective d'un modèle de représentations lexicales distribuées, on peut se demander dans quelle mesure les réseaux de l'audition n'interviennent pas dans le stockage du lexique - et donc la reconnaissance des mots écrits. Toutes les analogies, à quelque niveau que ce soit, permettent la mémorisation et sont autant de moyens mnémotechniques par oppositions, similitudes et différences. On se souvient que, lorsqu'il y a trop de similitudes dans le rappel mnésique, cela pose des difficultés, mais, s'il n'y aucun point commun, la mémorisation sera également difficile.

Pédagogie et didactique

L'état de la recherche didactique

La lecture chez les enfants déficients

J'ai moi-même enseigné pendant de longues années dans un établissement spécialisé avec des adolescents psychotiques, étudié et élaboré de nombreux supports et logiciels sur ces matières. Une question incontournable et essentielle torture l'esprit de quiconque a croisé la route de ces enseignements : comment un adolescent qui possède un niveau de conversation satisfaisant, qui montre de hautes compétences en sport, capable de comprendre les subtilités de la vie quotidienne et du journal télévisé, peut-il rencontrer de telles difficultés dans les apprentissages fondamentaux ? Pourquoi les enfants psychotiques n'accèdent-ils le plus souvent qu'au premier mode de lecture avec tant de difficultés et de souffrances ? Comment un siècle de psychologie et de sciences n'est-il pas venu à bout de cette question ? C'est que les raisons sont multiples et qu'elles agissent comme une réaction en chaîne qui se creuse à tous les niveaux de traitement, créant de fait un infranchissable déficit.

Afin d'expliquer ces différences avec les personnes handicapées, nous pouvons nous appuyer sur certains points soulevés par les sciences des apprentissages. La démarche se situe au niveau des connaissances lexicales et syntaxiques, notamment pour la structure des mots et de la langue et au niveau pragmatique (connaissances du monde). La cause principale des difficultés d'acquisition de la lecture chez ces enfants est un déficit global de connaissances linguistiques développées préalablement, constituant souvent les prérequis de lecture.

Si l'on admet que la lecture devient fonctionnelle vers la fin de l'école primaire, on constate que moins de 15% des adolescents sourds, selon une étude, atteignent ce niveau de lecture « expert ». De moindres résultats sont également obtenus chez les enfants psychotiques. Outre la lecture, l'intelligibilité de la parole de ces sujets ainsi que l'utilisation de représentations de la parole dans un test de mémoire se sont avérées généralement faibles. Ces résultats ont été confirmés et élargis dans une étude plus récente conduite aux Etat Unis (Lichtenstein, 1998).

Ces conditions, ajoutées à une certaine lenteur d'exécution dans le travail, symptôme de la pathologie psychotique, ne permettent pas au sujet de brasser un nombre important de

[3] L'amorçage est un phénomène qui est à la base de nombreuses études en psychologie cognitive. C'est un stimulus entrainant un traitement de l'information plus rapide d'un autre.

mots et de situations. Toutes ces exigences font obstacle à l'automatisation de la reconnaissance des mots, condition *sine qua non* pour accéder au niveau de lecteur expert. Les éclairages des neurosciences sur ce sujet, notamment regroupés par Stanislas Dehaene, montrent pourquoi ces phénomènes sont indispensables à l'automatisation de la lecture. Les logiciels de demain pourront-ils y remédier en partie ?

Synoptique des expériences en didactique

Les recherches en didactique sur la lecture représentent une littérature si vaste qu'il est quasiment impossible d'en faire aujourd'hui la synthèse ou d'en déterminer des universaux théoriques. Les différentes voix de recherche ont montré que les trois grandes méthodes encore utilisées comportent des lacunes.

Les méthodes expérimentées sont très répandues : la combinatoire ou syllabique, la globale ou, aujourd'hui, la mixte. Les pratiques des enseignants concernant les apprentissages fondamentaux ont finalement peu changé ces dernières décennies. Le dernier grand chantier en date étant le passage à la méthode globale, abandonné depuis. La méthode mixte, combinaison des méthodes globales et linéaires, qui reposent toutes deux sur des travaux très anciens, semble fonctionner et il est fort probable qu'aucune nouvelle méthode ne vienne compléter ces approches. Toutefois, des améliorations restent possibles, notamment grâce aux travaux récents de la psychologie cognitive.

Les différentes méthodes de lecture

La structuration linéaire et chronologique à laquelle les élèves sont habitués est enrichie d'une compréhension holistique[4], dans laquelle l'enfant doit opérer des choix, effectuer des stratégies et conserver une démarche cohérente dans sa construction. L'identification des lettres, la reconnaissance des mots et la compréhension du sens sont trois opérations distinctes qui se font indépendamment. Il faut choisir entre la production des sons et le sens. Il y a donc plutôt deux approches distinctes : la méthode linéaire et la méthode globale, chacune sollicitant l'activité préférentielle d'un hémisphère : le gauche pour le linéaire et le droit pour le global.

De façon générale, on considère que l'apprentissage de la lecture se déroule en trois phases : logographique, alphabétique et orthographique. Les deux premières phases, qui concernent le déchiffrage, vont tout particulièrement nous intéresser. Durant cette phase, l'enfant établit des liens entre les configurations écrites et les significations, le mot sera ensuite reconnu globalement. Chaque étape est indispensable et correspond plus ou moins à une zone critique sans pouvoir parler de stades, ce concept pouvant induire dans l'esprit du lecteur une représentation de l'apprentissage de la lecture un peu rigide, avec des passages obligés. Nous ferons l'impasse sur les différentes méthodes, notre approche correspondant globalement à la méthode mixte, s'il fallait en choisir une.

Les différentes pédagogies et théories didactiques peuvent être relues à la lumière des neurosciences et apporter une vision quasi biologique de ces apprentissages transposable en conseils méthodologiques. Il s'agit de déterminer les processus cognitifs qui sont à l'œuvre et de conduire à un véritable concept de l'apprentissage dans une vision à la fois systémique mais aussi plus individualisé des évènements et de leur chronologie.

[4] Qui privilégie le général aux dépens du ou des particuliers. Selon une définition d'Edgar Morin : la pensée holistique privilégie le global sur l'analyse de ses composants.

Phase logographique et orthographique

Dans la première phase, appelée phase logographique, l'enfant utilise tous les indices susceptibles de permettre la reconnaissance du mot ; en fait, l'enfant établit des liens entre les configurations écrites et les significations ; le mot est appris par cœur et sera ensuite reconnu globalement, notamment à partir des divers indices extralinguistiques présents dans l'environnement, tels que les couleurs ou les images des panneaux publicitaires, ainsi que certains traits visuels internes au mot comme sa longueur ou certaines hampes présentes à des endroits précis du mot. L'enfant commençant la lecture peut déjà reconnaître des logos, d'où le terme logographique. Ce sont également les implications psycholinguistiques et cognitives de cette première étape qu'il nous intéresse de mesurer et d'étudier à partir de notre expérience.

« La lecture est aussi un méta-apprentissage dans la mesure où l'enfant doit apprendre à apprendre à lire » (Golder & Gaoanac'h, p.124). Le procédé orthographique se développe essentiellement dans la lecture par mémorisation des mots rencontrés et se transfère ensuite à l'écriture, où il pourra alors être perfectionné à l'égard de règles de grammaire. La lecture de mots est première, et c'est sur cette étape que les élèves rencontrent des difficultés.

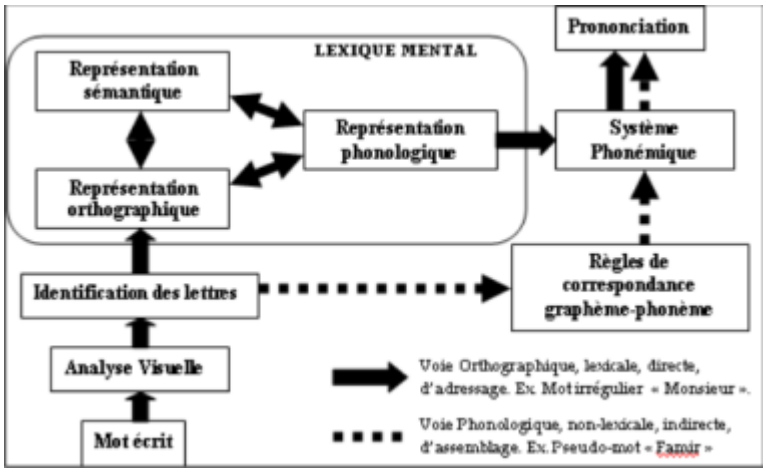
Les voies de lectures

Théorisation multifactoriel

La question que se posent les chercheurs est de savoir si le traitement multi-modal (audio-visuel) de la parole est inné ou s'il se développe progressivement afin de mesurer un impact possible sur cette progression par les apprentissages. Selon Dupoux & Ramus, certains très jeunes enfants présentent des habiletés de traitement de la parole remarquablement sophistiquées, de sorte que notre système de traitement spécialisé pour la parole serait inné, à dominance hémisphère gauche et ferait partie de notre héritage biologique d'être humain. Ce système serait érigé, par un processus d'adaptation sélective, à traiter en même temps l'information visuelle et l'information acoustique. D'autres auteurs, comme Carol Fowler, ont proposé une théorie de la perception de la parole dérivée de la théorie plus générale de perception directe élaborée par Gibson. Le récepteur pourrait utiliser toutes les informations pertinentes disponibles dans l'environnement, des signaux non naturels, tant que ceux-ci possèdent une valeur phonémique et des unités discrètes (Fowler & Deckle, 1991).

Il faut noter l'existence de deux voies de lecture qui satisfont le mode débutant comme le mode expert. Le mode débutant exige l'attention du lecteur et donc une charge cognitive qui se fait au détriment du sens. Puis, avec l'expérience, on peut faire l'hypothèse que les mécanismes s'inversent. La lecture débutante unique puis majoritaire en se perfectionnant crée la lecture en mode « expert ». En effet, la lecture phonologique crée la lecture par morphème (et/ou syllabe) puis globale. Les deux activations sont liées. On sait que les neurones qui ont l'habitude d'être activés en même temps créent des réseaux de relation (loi de Hebb). Après un état d'équilibre, le système peut se renverser, et nous pouvons faire l'hypothèse que la voie directe, plus rapide, s'effectue en premier et qu'elle devient majoritaire sans remplacer totalement la première voie. Coltheart (1978) est souvent la référence des modèles des deux voies de lecture qui dominent dans l'apprentissage de la lecture.

Figure 1 - modèle des deux voies de lectures de Coltheart (1978)



Les récents modèles développementaux, Frith (1985) et Gombert (2003), présentent ces deux processus distincts d'identification des mots : la procédure indirecte, ou voie d'assemblage, par conversion de chaque graphème en phonème (correspondance graphophonologique) et la voie d'adressage (procédure directe), qui montre un traitement visuo-orthographique. Le mot est alors directement récupéré dans le lexique mental (orthographique) rendant la lecture plus rapide et plus économique. La voie d'assemblage (ou voie phonologique) prédominante au début de l'apprentissage participe à la construction du lexique orthographique par une procédure d'auto-apprentissage (Share, 1999) qui la remplace progressivement

Si les activations chez les sourds persistent en mode expert, c'est sans doute que leur système de lecture ne permet pas un affranchissement total de ce mode, comme si sa fonction était indispensable dans ce mode de représentation. Dans le système multimodal de la lecture, l'évolution a exigé deux voies d'accès. Comme souvent dans les systèmes de modélisation en biologie, on peut en supprimer lorsqu'il y en a trois (cas des entendant), mais une voie, même si elle semble inutile sera conservée dans le cas de deux possibilités uniques.

Déchiffrage, lecture, lecture-compréhension

Déchiffrage, lecture, lecture-compréhension peuvent être entendus comme la genèse logique qui mène au statut de lecteur expert. Toutefois, chacun de ce niveau est à la fois dépendant et corrélé dans l'exécution du sens. La lecture traverse ces trois champs de manière transversale, et il est important de déterminer le domaine occupé pour situer le travail d'interprétation. Une analyse à l'échelle micro et à l'échelle macro sont à l'œuvre pour sa théorisation. Le déchiffrage est une stratégie à l'échelle micro qui permet d'être modélisée et théorisée à partir de modèles mathématiques. Nous verrons qu'il en existe plusieurs.

La lecture et son système posent déjà des éléments plus complexes, à savoir la construction d'un système cognitif qui se met en place et fait lien entre un code graphique et les éléments du monde. La lecture-compréhension inclut le sens et l'interprétation du sujet et nous renvoie jusqu'aux champs des sciences humaines pour une théorisation plus « philosophique ».

Pour comprendre ces questions de lecture et les replacer dans leur cadre historique on peut ici souligner le caractère de synchronicité de ces états. « La compétence à 'bien lire' ne peut se résumer ni en termes de vitesse et de performances d'exploration visuelle, ni même

d'anticipations sémantiques, mais plutôt en termes de stratégies de lecture-compréhension d'un type de texte ou en termes de schémas appliqués dans le traitement cognitif de l'information que ce texte contient. Lors d'analyses portant sur une phrase isolée ou des petits fragments de texte, ces stratégies n'apparaissent pas sans que soient traités les aspects linguistiques et pragmatiques qui interviennent dans l'interprétation du sens. »

Les stratégies d'encodage

La lecture de la langue française, similaire à l'ensemble des langues alphabétiques dans une certaine mesure avec des différences de degrés et non de nature, repose sur environ 130 lettres et groupes de lettres, dès que l'on élimine les graphies relativement rares. On peut ainsi comptabiliser environ 70 signes graphiques réguliers qui permettent de coder les 33 sons distinctifs constitutifs des mots de la langue à l'oral. On relève donc deux fois plus de « graphies » que de sons à représenter. La plupart sont issues de affectations orthographiques inutiles, d'ailleurs hérités d'une complexité volontaire de la langue permettant la conservation d'un privilège culturel et social après la révolution française, telles que le *ph* pour obtenir le son « f » ou le *e* final prédominant dans notre langue.

Toutefois ces ornements donnent une forme toute particulière à certains mots qui facilite pour le lecteur sa reconnaissance globale mais constitue un véritable obstacle dans la tache de lecture pour les élèves en difficulté. Encodage, stockage et rappel sont les voies de la psychologie cognitive pour comprendre les fonctionnements de notre mémoire. On commence juste à saisir ses processus et à pouvoir les appliquer afin d'optimiser les séances d'apprentissage via la formation des enseignants.

Les étapes de la lecture

Une évolution découpée en stade

Les différentes théories de l'apprentissage de la lecture présentent généralement trois procédures principales d'identification des mots : une procédure logographique, une procédure phonologique et une procédure orthographique. Depuis les années 1980, de nombreux modèles développementaux (Marsh, Friedman, Welch & Delberg, 1981 ; Frith, 1985 ; Harris & Coltheart, 1986) décrivent les différentes étapes de la construction progressive des réseaux de neurones lors de l'apprentissage de la lecture, par voie d'assemblage dans un premier temps puis par la voie lexicale, c'est-à-dire la reconnaissance instantanée et totalement automatisée des mots écrits comme présentés dans certains modèles symboliques de Coltheart (1978). En effet, une succession de stades, comme l'avait déjà théorisé Jean Piaget, met en place la voie d'assemblage, le mode alphabétique dans un premier moment puis la voie lexicale, voie de lecture directe.

La procédure d'identification globale dite « procédure logographique », nous l'avons vu, consiste en la mémorisation de la forme globale, du « patron visuel » du mot, à partir d'indices visuels distinctifs. Un traitement pictural qui ne se distingue pas de la reconnaissance visuelle des autres objets et utilise la même voie de lecture du monde, le même modèle de structure de réseau neuronal. Toutefois, cette reconnaissance visuelle globale limite fortement le nombre de mots qui peut être mémorisé (une centaine de mots).

La deuxième procédure, *procédure phonologique* ou *alphabétique* (Frith, 1985), est un décodage séquentiel lettre à lettre de gauche à droite (Marsh *et alii.*, 1981), par les règles de correspondances graphophonologiques. L'assemblage phonologique du bon lecteur se distingue nettement du déchiffrage lent et laborieux du lecteur débutant mais requiert des

ressources attentionnelles et cognitives, qui vont limiter la construction du sens et constituent un mécanisme robuste d'automatisation de conversion grapho-phonémique

La *procédure orthographique* (*par adressage*) identifie les mots par le traitement des configurations orthographiques visuelles, les représentations lexicales des mots connus sont accessibles directement. Cette étape, qui n'est pas indispensable pour le déchiffrage simple ou laborieux mais essentiel à la lecture rapide, est la plus longue et s'opère de manière naturelle au fil des lectures et de l'apprentissage approfondi des règles d'orthographe, permettant l'accès à l'écriture selon le bon usage.

Pour résumer, (Content & Zesiger, 1999, p.47) conclut qu'« il ne semble pas y avoir de bonne raison de supposer que le développement de la voie lexicale doive toujours précéder le développement de la voie sous-lexicale, ou inversement. Il semble probable que, étant donné certains préalables, les deux voies peuvent se développer ensemble ». Ces stades seraient ainsi des « abstractions dissociant artificiellement les procédures » et pourraient comporter des opportunités de chevauchement. Les prérequis et les connaissances linguistiques préalables représentent autant d'obstacles pour les élèves en grande difficulté.

Catégorie d'écriture

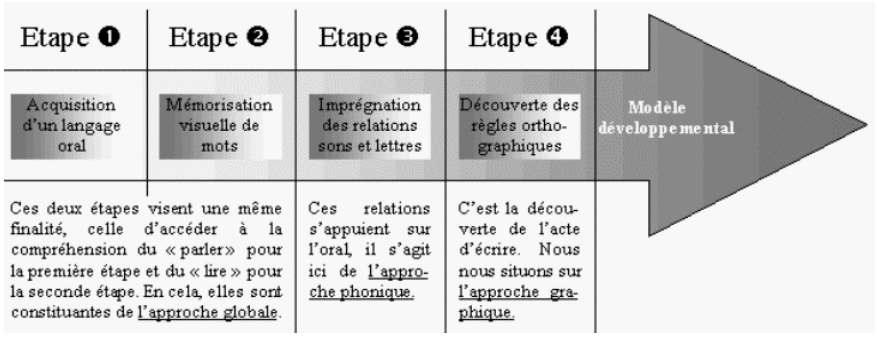
On peut noter plusieurs autres catégories de système d'écriture qui ont perduré dans certaines civilisations, même si le système alphabétique apparaît comme le plus efficace puisque le plus rapide à maîtriser et a supplanté nombre d'entre elles. À l'intérieur des différents systèmes d'écriture, on dégage généralement quatre grandes catégories : l'écriture pictographique utilisant des symboles, l'écriture logographique des langues asiatiques avec le sumérien cunéiforme et les hiéroglyphes égyptiens, l'écriture syllabique comme le japonais katakana et hiragana (kana) et le mode alphabétique des langues indo-européennes ;une rétroaction entre les différents niveaux (phonologique, morphologique, orthographique) à travers des connexions bidirectionnelles. Le traitement des informations est sériel, interactif et « locale ou distribué », selon les différents modèles et théories.

Schéma des modifications internes

Entre lecture et écriture

Certaines voix se sont élevées contre ce que l'on pourrait appeler la séquentialité des différentes phases qui ne tiendrait pas compte du rôle des connaissances tirées du langage orale. Ainsi, beaucoup de modèles privilégient uniquement une approche interactive des différents processus en place et s'appuyant notamment sur le modèle développemental de Frith (1985) présenté schématiquement dans la figure ci-dessous, s'inspirant des nouvelles contributions des théories connexionnistes notamment avec Seidenberg & McClelland (1989) ou encore Snowling, Hulme, & Nation (1997).

Figure 2 - modèle développemental de Frith (1985)



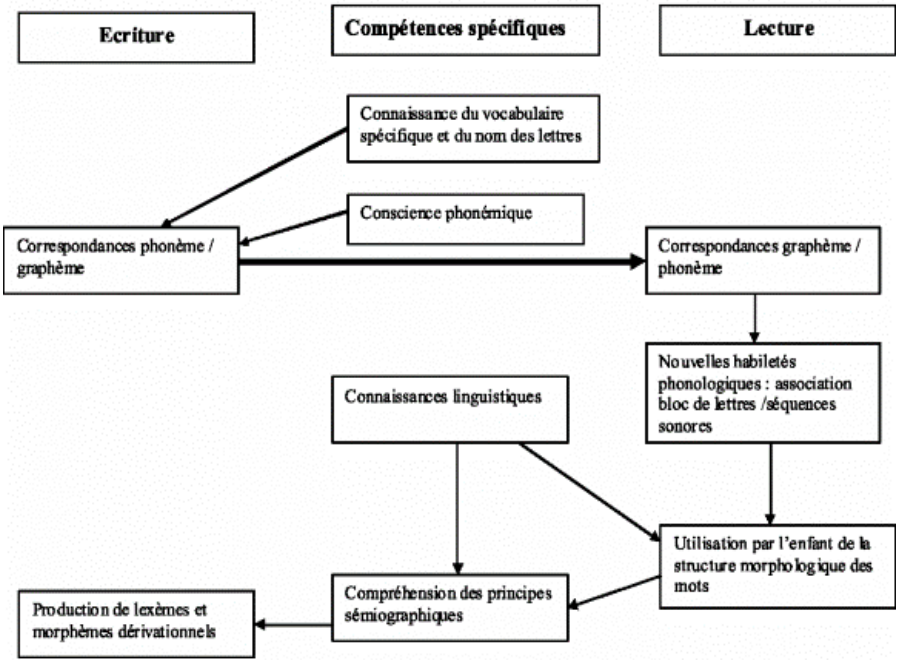
Ainsi, le modèle de Gombert, Bryant & Warrick (1997) rend plus largement compte des interférences entre traitement du langage oral et traitement du langage écrit. Par ailleurs, le rôle de certains traitements implicites lors de l'apprentissage du transfert de l'oralité vers la phase écrite a été pris en compte.

Les modèles développementaux à stades se focalisent particulièrement sur les modifications s'opérant par le biais de l'enseignement en étalant les progrès scolaires de l'enfant en classe. En effet, c'est bien le lieu par essence de l'évaluation et l'ensemble des progrès qui peuvent être effectué par d'autres biais ne sont naturellement pas pris en compte. La dimension implicite de l'apprentissage est également écartée quand on sait que la simple rencontre régulière et itérative d'un système écrit présentant de nombreuses régularités, comme le montrent certaines théories de l'apprentissage implicite (Nicolas & Perruchet, 1998), opère des modifications profondes des circuits neuronaux, correspondant à un apprentissage qui s'opère même à l'insu des sujets. Sans aucun doute, ce genre de processus joue un rôle prépondérant dans l'apprentissage de la lecture. « Si l' acquisition du principe alphabétique requiert un effort délibéré d' instruction et se réalise moyennant une prise de conscience de la relation [...], certaines règles pourraient être acquises sans qu'elles soient nécessairement explicitées » (Morais & Robillard, 1998, p. 53).

Une base d'apprentissage implicite

De larges arguments expérimentaux permettent pourtant aujourd'hui d'exposer de manière scientifique l'espace considérable de cette base de connaissance implicite sur l'ensemble des apprentissages. Selon Gombert (2003), l'enfant dispose d'un système cognitif largement avéré pour le traitement du langage oral, qui constituera les fondements de l'élaboration du système de traitement de l'écrit. Ce système comprendrait quatre « processeurs ». Un « processeur pictural », qui traiterait l'information visuelle, un « processeur phonologique », qui traiterait l'information linguistique auditivement perçue, un « processeur sémantique », qui assurerait l'attribution des significations et un « processeur contextuel », qui prendrait en compte l'information externe au percept visuel (mot en cours de traitement).

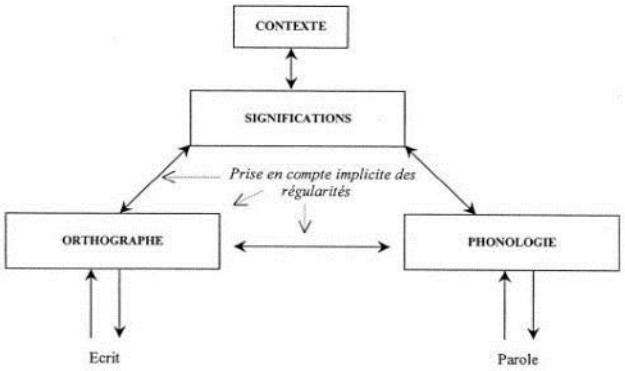
Figure 3- figure des compétences spécifiques entre lecture et écriture



Dans la perspective de Gombert, l'apprentissage de la lecture consisterait en « l'élaboration, au sein du processeur pictural, d'un processeur orthographique spécialisé dans le traitement de l'information écrite ». Cette théorie sera reprise par certains scientifiques qui en accommoderont la richesse et nombre d'entre eux proposeront des modèles de cette réadaptation (Adam, 1990).

L'enfant traite d'abord les signes écrits comme les autres stimuli visuels, c'est-à-dire de manière picturale. Les premières véritables reconnaissances des mots écrits sont de niveau logographique, par mémorisation d'indices visuels saillants, et relèvent de processus d'exploration visuelle non spécifiques. Les mots écrits acquièrent un « statut spécifique » par leur invariabilité. Le « processeur pictural » traite alors l'information en se spécialisant dans le repérage des configurations orthographiques des mots. « Les informations écrites, traitées conjointement par les processeurs pictural, phonologique et sémantique, sont mises en relation et aboutissent à la création d'un processeur orthographique spécialisé dans le traitement des lettres. Dès ce moment-là, l'enfant va développer une habituation aux régularités relatives et aux configurations visuo-orthographiques » (Pacton, Perruchet, Fayol & Cleeremans, 2001), ensuite le traitement va assimiler par association les mots oraux associés à ces configurations puis aux significations associées (dimensions lexicales et morphologiques) à ces configurations (Marec-Breton, Gombert & Colé, 2002).

Figure 4 - Schéma du traitement séquentiel du mot



L'enfant est capable de faire des inférences, élément centrale et moteur du développement, lors de la lecture de mots non familiers et peut faire des analogies entre les mots qu'il reconnaît et ceux qu'il tente de découvrir (Goswami, 1993). Au début, il peut prendre conscience des analogies qu'il opère (Gombert, Bryant & Warrick, 1997). Progressivement, l'activation répétée de ces connaissances implicites renforcera les relations entre configurations orthographiques, phonologiques et morphologiques créant un pont entre les traitements alphabétiques et orthographiques. La confrontation des systèmes produit cette évolution qui s'avère donc dépendante de la fréquence des mots rencontrés ainsi que leur diversité

Le moteur de l'apprentissage implicite est de nature fréquentielle et se poursuit tant que l'activité a lieu et produit des hypothèses conscientes que le lecteur peut utiliser intentionnellement pour expérimenter le produit des traitements d'autres informations. Certains enfants dyslexiques ou présentant des difficultés mentales rencontrent de telles difficultés dans l'apprentissage de la lecture qu'ils n'atteignent jamais le niveau de lecteur habile. La compréhension de ces difficultés d'apprentissage requiert de s'intéresser au préalable aux procédures impliquées dans l'apprentissage normal de la lecture.

Des modèles jamais démodés

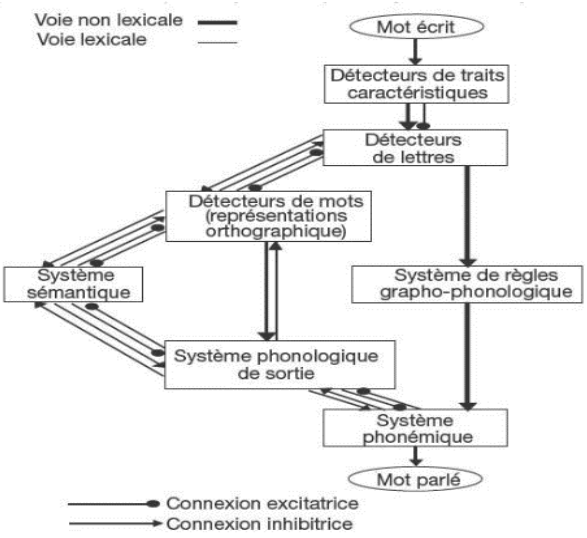
Différents modèles ont été proposés pour rendre compte de l'apprentissage de la lecture et permettre de situer les dysfonctionnements responsables des difficultés en lecture. Les modèles développementaux à stades qui ont été présentés plus haut décrivent certaines transmutations qualitatives dans les procédures successivement mis en place, contrairement aux modèles qui s'appuyaient sur l'interaction des différentes composantes de cet apprentissage. Ces modèles restent encore aujourd'hui une référence notamment en mettant en exergue le rôle fondamental de certains prérequis (phonologiques, logographiques, visuels) pour la compréhension du principe alphabétique.

Selon Bialystok & Majumder (1998) « Ces connaissances explicites reposent sur un changement qualitatif des représentations sur le langage. Ce changement qualitatif implique une restructuration et un recodage des représentations conceptuelles organisées au niveau sémantique en des représentations explicites de structure organisées au niveau symbolique » (Demont & Gombert, 2004, p.96). Ainsi la question plus large de la représentation « méta-linguistique », y compris celle que construit l'enfant dans sa construction d'un langage oral, reste essentielle et lié à la dimension de compréhension et de production du discours.

Les « représentations explicites » nourrissent des « représentations conceptuelles », dans la mesure où elles renvoient à des connaissances explicites sur la structure linguistique et requiert de l'enfant qu'il considère cet aspect du langage isolément des autres aspects. On peut saisir l'exemple d'une représentation explicite de la structure phonologique ou représentation de la structure orthographique, pour reprendre ici les travaux de Goswami (2000). Dans sa démonstration des effets explicites dans l'apprentissage de la lecture, il s'intéresse aux effets des apprentissages implicites dans les troubles de l'apprentissage (notamment la dyslexie) qui sont généralement référés parallèlement à des difficultés dans la mise en place et/ou dans l'automatisation des traitements phonologiques (Ramus, 2001).

Ainsi, la prise en considération de la complémentarité entre ces « processus implicites » et des « processus explicites » pour les éléments de déchiffrage et de lecture-compréhension est à même d'expliquer certains dysfonctionnements de l'apprentissage (Gombert, 2003) et d'amener à reconsidérer l'analyse des difficultés d'apprentissage, particulièrement en envisageant l'existence de difficultés qui pourraient être imputés à un déficit d'apprentissage implicite.

Figure 5 - Schéma de la construction des premières compétences orthographiques



Partie 2 théorique 2 : Psychologie cognitive de la lecture

Ouvertures de psychologie cognitive de la lecture

Matériaux des éléments de lecture

Le lexique mental

Le concept de « lexique mental » généralement évoquée par les théoriciens évoque une sorte de dictionnaire virtuel qui sert de référence et peut être appelé par la somme des connaissances du mot et/ou l'ensemble de sa représentation : phonologique, orthographique, morphologique et enfin sémantique. « Ce lexique mental est remis en cause par certains modèles connexionnistes (Seidenberg, 1990), pour lesquels il n'y aurait pas de « représentation » lexicales, mais les codes (orthographiques, phonologiques, sémantiques) seraient « recalculés » à chaque lecture, produisant différentes possibilités d'activation et donc différentes configurations d'activation ». (Ferrand, 2007, p12). L'ensemble de ces éléments provoque donc des pics neuronaux pour sa sollicitation.

De nombreux travaux ont vu le jour ces dernières décennies pour comprendre et évaluer l'étendue du lexique mental, et notamment la question du lien entre le volume d'une zone cérébrale et l'ampleur du lexique qui pourrait déterminer un lieu physique et neuronal du lexique. Une étude (Grainger & Jacobs, 1999 ; Jacobs & Grainger, 1994) suppose que l'accès au lexique mental était direct a ouvert la voie à la méthode globale.

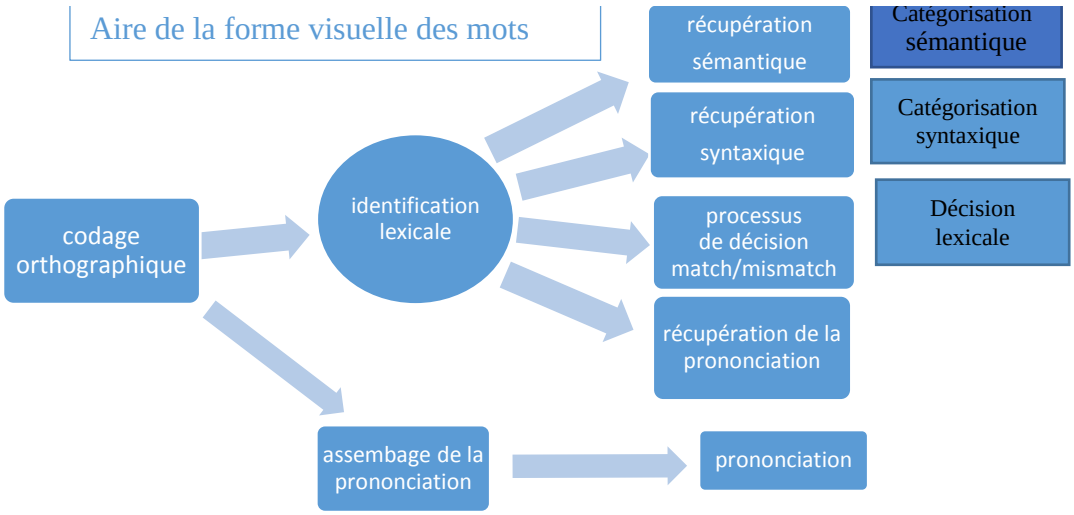
Traitement des informations visuelles

La lecture en tant que traitement des informations des entrées sensorielles est progressivement automatisée, elle est également immédiate et irrépressible comme le montre le test de Stroop. « Selon une conception classique, les représentations mentales sont considérées comme locales, symboliques et discrètes et sont stockées dans le lexique mental ; selon une conception plus récente, les représentations mentales seraient distribuées non symboliques et seraient calculées en temps réel et pas stockées dans un lexique mental » (Ferrand, 2007), p.23.

Comment codons-nous la position des lettres ? C'est Mozer, en 1987, qui propose son modèle Birnet. « Les triplets de lettres constituent la base du codage dépendant du contexte local grâce à l'utilisation de trigrammes ouverts. » C'est-à-dire trois lettres qui se suivent, dont chacune peut comporter une autre lettre à l'intérieur. Cette théorie conduira à la théorie des bigrammes sur le même principe : la décomposition du mot par paires. La vraie question est de savoir pourquoi le cerveau a choisi ce système et surtout comment il le met en place et l'optimise de manière si performante.

Dans les modèles computationnels, Plaut, Mc Clelland, Seidenberg & Patterson (1996) proposent un codage simple pour les mots monosyllabiques. Un second modèle nommé « codage dépendant du contexte local » utilise le concept de triplets pour les lettres adjacentes. Ces modèles débouchent sur un nouveau codage à partir de bigramme ouvert de Grainger et Van Heuven (2003) et Schoonbaert & Grainger (2004).

Figure 6- schéma de la reconnaissance visuelle des mots



Les effets du nombre et de la position des lettres sont étudiés dans un paradigme d'amorçage. Ces études modifiant la position relative et absolue des lettres dans l'amorce (Humphreys, Evett et Quinlan, 1990), (Grainger et Van Heuven, 2003) montrant que les systèmes fonctionnent plutôt en positions relatives. Enfin le modèle parallèle à bigrammes ouverts de Grainger et Van Heuven (2003) sera adopté par Stanislas Dehaene. Dans ce modèle, les bigrammes ouverts vont activer un certain nombre de mots possibles, et les actions inhibitrices vont faire le choix du mot à partir des informations connexes.

Graphèmes, fréquence, syllabe,

Pour le rôle des graphèmes dans le processus de lecture, les études ne manquent pas également, elles montrent que la recomposition du mot en graphème (pour obtenir les phonèmes associés) prend un temps de traitement significatif (Rey *et alii*., 1998) et peut entrer en conflit avec le traitement des lettres isolées. Lors de l'apprentissage, une représentation interne de l'unité phono-graphémique se développe au fil des associations récurrentes. Le mot comprend également une hiérarchie que forment la rime et l'attaque.

Spoehr et Slith (1973), Ferrand et New (2003) mettent en évidence l'importance du découpage du mot en syllabe pour le déchiffrage et montrent que cette unité fonctionnelle constitue un élément essentiel pour le travail de décodage. On peut imaginer un système de bigramme par syllabe, sachant que la syllabe peut facilement être déterminée par la position des voyelles. Ashby et Rainer (2004) l'ont montré par oculométrie sur des exercices de lecture à voix haute. Une autre étude importante s'attache au temps de réaction dans une tâche de décision lexicale à partir d'un « mega-corpus » (Balota, Yap, Cortese, Hutchinson, Kessler, Loftis, Neely *et alii*., 2007), où l'on fait varier le nombre de lettres. Contrairement aux résultats attendus, les conclusions montrent une courbe de Gauss inversée avec un effet d'inhibition sur les mots courts (3 à 5 lettres) et les mots longs (10 à 13 lettres), tandis que les temps de réaction les plus court valaient pour les mots de 6 à 9 lettres.

Balota et Chumbley (1984, 1985) montrent, sur un très large corpus, que l'effet de fréquence a un impact quasiment négligeable sur le processus d'identification et l'accès au sens, mais que la difficulté de prononciation prolonge le temps de lecture, y compris dans la

lecture silencieuse[5]. Les effets d'âge d'acquisition sont aussi prégnants que l'effet de fréquence (Zevin & Seidenberg, 2002, 2004). Ainsi, cet effet de fréquence peut interférer avec l'âge d'acquisition. Dans ce cas, on parlera de la fréquence cumulée du mot en début d'apprentissage, puisque l'effet s'estompe avec le temps et que la plasticité du réseau se réduit considérablement avec l'âge[6]. Les effets de fréquence pouvant interférer dans nos résultats, nous les intégrerons dans certains calculs afin de vérifier qu'ils ne constituent pas un biais de variables dépendantes, comme dans le tableau de Ferrand (2007) présenté en Annexe p299.

Listes des effets

Voisinage orthographique

Parmi les autres effets sur les corpus de décision lexicale, on note un effet facilitateur ou inhibiteur du voisinage orthographique. L'effet de la fréquence du voisinage sur différentes études en différentes langues montre une inhibition de cet effet. Si un mot possède un voisin orthographique plus fréquent, cette proximité augmente le temps de lecture. Les effets de voisinage orthographiques sont également influencés par l'effet de voisinage phonologique qui peuvent se croiser, les mêmes lettres produisant souvent les mêmes sons. Il existe toujours un débat sur l'impact de ces effets qui sont difficile à modéliser, étant donné la complexité de clarification des différentes interactions. « Les voisins différant par les lettres internes sont plus compétitifs que les voisins différant par les lettres initiales » (Grainger & Segui (1990), p.142[7]).

La position des saccades oculaires peut également modifier la fréquence des erreurs, comme l'effet d'inhibition du voisinage simulé par modèle à Action interactive de Jacobs & Grainger (1992). Les effets de voisinage orthographique peuvent s'élargir sur des effets de voisinage syllabique. Ainsi, les mots comprenant une syllabe identique de haute fréquence sont reconnus plus lentement (Carreiras & Perea, 2004). D'autres modèles montrent qu'il s'agit même des voisins orthographiques de cette syllabe.

« Sur les PEV, on trouve des effets syllabiques sur la fenêtre temporelle 190-280ms et pendant la N400, les mots ayant une syllabe initiale fréquente générant plus d'activité négative que ceux ayant une initiale peu fréquente. Idem avec les non-mots, ce qui confirme le caractère prélexical du rôle des syllabes » (Ferrand, 2007), p159**.**

Les effets de répétition

Sur la recherche de trace épisodique, Oliphant (1983) montre, dans son étude, que l'effet de répétition ne constitue pas un effet automatique sur des présentations récentes mais un effet de conscience du sujet à cette répétition et donc des représentations appelées par lexique lors de l'expérience. Sur ce modèle, Grainger & Holcomb (2007) ont montré que les effets de répétition commençaient dès 90ms après la présentation et restaient actifs jusqu'à 600ms[8]. Davis et Foster (1994) ont présenté une étude de décision lexicale avec amorçage masqué, où n'apparaissait pas d'intégration visuelle dans la tâche lorsque la cible n'est pas présentée brièvement.

---

[5] Base de données lexicale gratuite (www.lexique.org), qui indique le même nombre de fois qu'un lecteur a rencontré un mot. D'innombrables études, dont PEV, MEG IRM ont montré l'effet de fréquence du mot.

[6] Les premiers mots appris doivent contenir plus de poids, de connexions, car ils servent de fondement pour l'expansion du système. Une fois ledit système complétement établi, cet effet de primauté devient inutile et peut difficilement être sauvegardé dans les connexions neuronales.

[7] *Bille* est souvent confondu avec *bible* mais jamais avec *ville*, qui est pourtant un mot plus fréquent.

[8] La composante P150 refléterait le traitement des traits visuels et leur appariement avec des présentations abstraites (présentes dans tous les domaines).

Forster et Davis (1984) n'ont pas observé d'« effet de répétition » pour les « non-mots qui par définition n'ont pas d'entrées lexicales ». Drews & Zwitzerlood (1995), utilisant des contrôles graphiques appropriés, montrent que « l'effet de répétition a une composante prélexicale ou graphémique. Cet effet de répétition semble être la somme de deux composantes : une première prélexicale ou graphémique, puisque l'effet ne dépend pas du partage visuel de l'amorce et de la cible, et une composante lexicale, puisque l'effet de répétition est de même amplitude que l'effet d'amorçage phonologique » (Ferrand, 2007), p.169, Forster et *alii* (1987)).

Les différents codages

Codage orthographique vs phonologique

L'ensemble des recherches anciennes et récentes a toujours présenté le rôle dominant du codage phonologique pour la lecture et prescrit l'intégration du codage phonologique dans les modèles de lecture. Les preuves sont incontestablement nombreuses et les effet, d'homophonie, de pseudo-homophonie, de régularité et de consistance grapho-phonologique le sont également. Gough en 1972 montre que le processus de subvocalisation est plus lent que le processus normal de lecture et joue un rôle plus tardif dans le traitement du langage écrit, intervenant après l'accès au lexique. Il est important de distinguer le rôle de la phonologie dans l'identification des mots et dans la compréhension de texte » (Baddeley et *alii* (1981) pour l'identification des mots. (Ferrand, (2007), p.198).

Van Orden et *alii* tranchent pour une correspondance entre l'orthographe et la sémantique, qui reste arbitraire, tandis que la correspondance entre l'orthographe et la phonologie serait logique. Davelaar et alii (1978) optent pour une utilisation du code phonologique optionnel et sous contrôle conscient du lecteur. Les études de Pexman, Lupker et Jared (2001) proposent au contraire une activation du code phonologique non optionnel et robuste. Cette activation du code phonologique influencerait même les processus cognitifs tardifs dans la compétition de la reconnaissance du mot (Ferrand & Grainger 2003). Le code phonologique serait immédiatement activé et obligerait l'activation de la sémantique du mot phonologique assemblée et adressée.

Pour Grainger et Ferrand 1996 : « l'effet d'interférence homophonique peut être expliqué par l'inhibition latérale opérant entre les représentations lexicales qui sont en compétition pour l'identification. Le statut d'homophone et le voisinage orthographique influencent le taux de la montée d'activation des représentations ». Ces modèles ont engendré un système où les mots familiers, auraient une connexion directe de leur représentation orthographique à leur représentation lexicale mais selon Humphreys & Evett (1985), cette thèse reste discutable, puisque l'activation phonologique est, on l'a vu, irrépressible et intervient via des connexions lexicales pour atteindre les informations sémantiques. Toutefois, les informations phonologiques ne seraient pas toujours post-lexicales et/ou pré-lexicales, et les représentations orthographiques pourraient solliciter directement les représentations lexicales et sémantiques avant que l'information phonologique ne le fasse[9].

Pour des durées très brèves de l'amorce (20 à 30ms) seules les unités orthographiques sont activées pour faciliter la lecture des cibles, puis les unités phonologiques se joignent (40 à 50ms). Enfin, de 60 à 80ms, les unités de mot reçoivent encore plus d'excitation des unités

[9] À partir de 45 à 65 ms d'amorce, la facilitation orthographique reste constante, et une robuste facilitation phonologique émerge. Les résultats de Grainger et *alii* (2006) montrent que le code orthographique est activé 50 ms avant le code phonologique, qui reste précoce.

orthographiques et des unités phonologiques, mais on observe également une augmentation de l'inhibition lexicale qui va annuler progressivement les effets orthographiques. De 90 à 100ms, les effets de phonologie sont annulés pour la reconnaissance du mot permettant de basculer vers la reconnaissance sémantique. Aussi, la lecture des partitions des influx phonologiques et orthographiques reste complexe et enchevêtrés mais le traitement parallèle autorise le modèle de lecture à deux voies grâce à une automatisation par la représentation orthographique ou graphiques des mots.

Un cas clinique peut venir éclairer toute ces considérations théoriques de doubles entrées lexicales. Deux aphasiques décrit par Funnel et Allport (1987) présentaient des compétences intra-modales intactes mais avaient de difficultés à passer d'une modalité à l'autre (écrit/oral). L'étude neuropsychologique a permis de mettre en évidence l'indépendance de deux systèmes d'entrées sensorielles. À la question selon laquelle le code phonologique serait nécessaire à l'activation sémantique, la réponse reste négative selon M. Coltheart & V. Coltheart (1997) mais affirmative pour Harm & Seidenberg (2004).

Le codage phonologique

« Les recherches ont peut-être sous-estimé l'importance de la relation phono-graphémique. Mais Peereman, Content et Bonin 1998 remettent en question l'effet de consistance phono-graphémique qui semble être confondu avec la fréquence subjective des mots. » Ces travaux sont présentés dans le tableau de Desrochers & Bergeron (2000), exposé en Annexe.

Si l'on s'avance en profondeur dans la construction du code phonologique, on s'aperçoit qu'il est construit en deux cycles dépendants, où les consonnes seraient activées avant les voyelles sans doute par deux processus mentaux distincts. De plus, il peut présenter deux aspect différents, phonétiques ou phonologiques, plutôt abstraits ou physio-acoustiques[10]. Il est possible, également, que l'écrit récupère plus naturellement les informations phonémiques, puisqu'elles sont plus proches de sa forme brute. Abramson et Goldinger (1997) semblent suggérer que le code phonologique activé serait plutôt de nature « acoustique » donc relativement similaire à la parole articulée. Les études montrent que les mots comportant une voyelle courte sont lus plus rapidement que les mots comportant une voyelle longue, phénomène surtout repérable en anglais.

Les modèles de la lecture

Deux modèles majeurs

Ainsi, sur ces observations, deux modèles importants ont été élaborés par des équipes de recherche. Le premier, le modèle à activation-interactive complet, de Mc Clelland & Rumelhart (1981), dont la performance essentielle est de simuler des connexions entre les mots (uniquement inhibitrices) et des connexions entre les unités orthographiques et phonologiques, seulement excitatrices. Un second modèle à traitement parallèle distribué (PDP), de Seidenberg et Mc Clelland (1989), intègre les relations statistiques entre l'orthographe et la phonologie, sans utiliser les représentations symboliques de ces codes qui

[10] Une forme similaire à celle d'une onde correspondant au signal de la parole ou plutôt un code phonologique relativement abstrait (séquence de phonème abstrait).

correspondent chacun à une représentation distribuée. Ces patterns d'activations distribuées sur un nombre d'unités de représentations primitives[11].

Le modèle de Harm et Seidenberg (2004) est une simulation de processus d'apprentissage qui fonctionne par la rétropropagation de l'erreur. Cette logique lui permet de simuler une collaboration des différentes composantes du système de façon simultanée pour l'activation de la sémantique d'un mot. Le modèle subsymbolique de van Orden, Pennington et Stone (1990) fait lui « l'hypothèse de l'existence d'un apprentissage covariant qui explique comment le système cognitif est configuré au niveau développemental, en cherchant les corrélations entre les formes d'un stimulus et ses fonctions. Quand une même correspondance visuo-linguistique est partagée par un voisinage de mot, un mécanisme d'échange extrait les corrélations positives entre les formes et les fonctions » (Ferrand, (2007), p .277)**.**

De nombreux modèles, grâce aux importants progrès de l'intelligence artificielle ces dix dernières années, font aujourd'hui la simulation des différents modèles de lecture en validant ou invalidant certaines théories de la neuropsychologie sur les processus de lecture. Faire la synthèse et la critique de l'ensemble de ces travaux paraît complexes mais certaines études viennent démêler peu à peu ces modèles et semblent synthétiser l'ensemble des connaissances en regroupant les derniers travaux des neurosciences.

Codage morphologique :

En dehors des modèles que nous venons d'étudier, d'autres modèles intègrent le codage morpho-logique représenté par des unités symboliques. Le modèle connexionniste de Seidenberg et Gonnerman (2000) propose des représentations morphologiques non-discrètes, renvoyant à une co-variation des unités orthographiques, phonologiques et sémantiques. Pour bien comprendre, notons que l'on distingue généralement en linguistique la morphologie dérivationnelle (mot nouveau à partir de mots existants à partir de suffixe, préfixe et affixe) et la morphologie flexionnelle (variations des formes en fonction du contexte syntaxique).

Ces paradigmes débouchent sur trois positions de représentation morphologique et de mode d'accès. Le listing exhaustif où tous les mots morphologiquement complexes seraient listés dans le lexique mental indépendamment de leur morphème de base dont ils sont dérivés et sans décomposition préalable. La théorie de la décomposition morphologique prélexicale, où les unités sont découpées automatiquement avant l'accès au lexique. Pour la théorie hybride, « certains mots sont décomposés et d'autres non selon la familiarité, la fréquence de la forme et la fréquence des constituants morphémiques ainsi que la transparence sémantique et phonologique. Une dernière théorie propose que les unités morphémiques ne sont pas représentées explicitement dans le lexique mental mais comme le résultat de fortes corrélations entre les représentations ortho-, phono- et sémantiques » (Ferrand, 2007, p.300).

Comme pour les modèles d'activation phonologiques dans la lecture, les études sur l'impact de l'amorçage morphologiques restent difficiles, car de nombreux contre-effets parasitent les résultats. Grainger suggère de compléter le modèle à Activation Interactive de Mc Clelland et Rummelhart (1981) par un niveau supplémentaire morphologique au-dessus du niveau des représentations lexicales. Ainsi, les informations morphologiques et lexicales posséderaient des connexions facilitatrices bi-directionnelles.

[11] Le modèle possède un réseau de 400 unités utilisées pour coder l'information orthographique ; 460 unités sont utilisées pour l'information phonologique, plus 200 autres unités permettant de traiter les liens entre les unités orthographiques et les unités phonologiques.

Dans les études de morphologie, la fréquence cumulée[12] est étudiée afin de savoir si les mots qui partagent la même racine sont stockés aux mêmes endroits. Dans une étude de 1979, Taft montre que les fréquences cumulées qui obtiennent un score élevé sont identifiées plus rapidement. En faisant varier les fréquences de base et les fréquences cumulées, il observe que les formes fléchies (*size, sizes, sizing*) ne seraient pas stockées séparément dans le lexique mental mais constitueraient une même entrée et seraient reconnues par le même processus de décomposition morphologique. Toutefois, il reste à déterminer à quel niveau lexical s'effectue cette opération. Schreud et Bayern (1997) montrent que le facteur pertinent n'est pas la fréquence cumulée mais plutôt la taille de la famille morphologique. Giraudo et Grainger (2000) montrent, quant à eux, que c'est la fréquence (élevée) des mots de la famille morphologique qui est facilitateur.

Pour Diependaele *et alii*, le traitement des mots morphologiquement complexes est dirigé par deux mécanismes : le premier est sensible aux propriétés formelles des mots (ou morpho-orthographiques), l'autre est sensible à leurs propriétés sémantiques (ou morpho-sémantiques (Ferrand, (2007), p.341). Nous obtenons ainsi quatre modèles dont celui de la décomposition morphologique prélexicale obligatoire, soit le modèle de Taft et Foster (1975), où la décomposition intervient de manière systématique. Puis le modèle du listing exhaustif sans décomposition prélexicale de Frainger et *alii*, qui est un modèle à activation interactive de morphologie supra-lexicale (juste avant les représentations sémantiques). Il existe enfin deux autres modèles hybrides de décomposition pour certains types de mots, soit le modèle AAM de Caramazza et *alii* (1998) et de Deutsch et Foster (1998) ainsi que le modèle distribué qui ne propose pas de niveau morphologique explicite, ni prélexicales, ni lexicale, ni supralexicale. Nous n'étendrons pas notre étude au niveau du codage sémantique, notre recherche ne portant pas sur la lecture-compréhension. Toutefois, il est important de souligner ici qu'il s'agit d'un champ majeur de la psychologie cognitive de la lecture.

D'autres modèles

Dans un modèle d'« activation-vérification », le mot va activer un sous ensemble de mots similaires (orthographiquement). Une seconde étape vérifie de façon sérielle et par ordre de fréquence décroissant le degré de correspondance entre la représentation sensorielle correspondant au stimulus et les entrées du lexique mental. Certains modèles rendent compte de l'effet de supériorité du mot sans faire intervenir un mécanisme de rétroaction de l'activation des mots vers les lettres ainsi que l'effet de fréquence objective.

Le modèle MROM (Multiple Read-Out Model) explique bien l'effet d'inhibition des voisins orthographiques, l'effet de voisinage pour les non-mots et l'effet de fréquence bloqué. Dans le modèle Logogène (Morton, 1969), les logogènes servent d'interface de traitement entre les analyseurs sensoriels et le système cognitif. Dans le modèle d'activation interactive (Mc Clelland & Rumelhart, 1981), on a un état stable, et le modèle n'évolue pas : il est incapable d'apprendre, mais il montre que la perception d'une lettre est facilitée lorsqu'elle est présentée dans un mot mais n'opère pas avec un pseudo-mot.

[12] Fréquence cumulée : fréquence de base (fréquence d'occurrence) + fréquence de surface de tous les mots dérivés et fléchis de la même famille morphologique.

Les bases neuronales de la psychologie de l'apprentissage

Apports des neurosciences

Approche historique

La psychologie cognitive s'inscrit dans une double échelle : la phylogénèse, qui décrit l'évolution des espèces, et l'ontogenèse qui s'intéresse surtout au développement d'un individu. On peut y ajouter la microgenèse qui se focalise sur le temps d'un apprentissage ou d'une résolution de problème variant sur l'échelle temporelle d'un mois à une fraction de seconde. Elle subit aujourd'hui la lumière des Neurosciences qui depuis le séquençage de toute la matière blanche, phénomène comparable au décryptage du génome humain ouvre une nouvelle période d'émancipation de ces neurosciences. Les avancées vont permettre de comprendre plus profondément le fonctionnement cognitif dans ses parties les plus profondes, celles qui touchent à la complexité humaine, à la sociologie des comportements et qui va obliger une relecture de l'héritage littéraire des sciences sociales toutes entières.

Comment se construisent les apprentissages ? Jean Piaget a posé les fondations d'une réponse à cette problématique dans une description linéaire et cumulative, à savoir la « théorie des stades ». Même si elle est encore largement diffusée et acceptée, de nouvelles études remettent en cause cette théorie, notamment sur la périodicité de ces stades. Il existerait chez le bébé des capacités cognitives déjà complexes d'ordre physique, mathématique, logique et même psychologique, non réductibles à un fonctionnement strictement sensori-moteur comme exposé dans le modèle de Piaget. Le second argument serait l'observation de fluctuations, de bonds, de régression ou de compétences dormantes qui peuvent subitement se révéler par d'autres apprentissages ou pendant certaines phases de progressions cognitives (sommeil, bien-être, etc.). Ainsi, la théorie piagétienne des stades définis et hermétique se trouve aujourd'hui quelque peu remise en question.

Parmi ces détracteurs, Jacques Mehler et Tom Bever ont montré que, si l'on remplace des jetons par des bonbons, certains enfants réussissent la tâche logico-mathématique de quantité/longueur bien avant les stades constatés par le scientifique suisse. Des études ont aussi observé la naissance du « concept » du nombre chez le bébé bien avant le langage. On note que le « concept » de nombre reste lui-même mal défini et très flou. Des études scientifiques ont clairement démontré la capacité de compter chez certains oiseaux. Alex Taylor, de l'université d'Auckland a étudié l'apprentissage du chant chez le canari et le diamant mandarin, dès les années 1970 et Fernando Nottebohm a mis en lumière ce réseau de structures cérébrales baptisé « système du chant », présenté comme un comportement appris socialement impliquant un apprentissage vocal sensori-moteur. Karen Wynn dans *Nature*, en 1991, démontre l'addition et la soustraction chez les bébés de 4-5 mois ainsi que chez les grands singes dans une expérience où des marionnettes apparaissent par magie et entraînent des fixations longues. Aujourd'hui, la langue des signes est utilisée pour communiquer avec les enfants bien avant la maturation de l'organe phonatoire. Siegler a démontré que l'enfant possède de nombreuses stratégies cognitives qui peuvent entrer en compétition à la manière de la sélection naturelle pour l'évolution biologique. Le développement logico-mathématique pourrait opérer manière identique par « sélection-élimination » et progresserait par vagues successives qui se chevauchent pour créer des couches (fonctionnement du type réseau de neurones).

Les expériences de Houdé (2000) utilisant l'imagerie cérébrale remettent en cause le fonctionnement par escalier de Piaget. Il a observé les reconfigurations des réseaux neuronaux

de la partie postérieure du cerveau (partie abstraction, logique, contrôle cognitif) à sa partie antérieure, suggérant ainsi une activité interactive modulatrice entre les différentes zones du cerveau et surtout des différentes strates (*top-down* et *buttom-up*). Malgré ces quelques critiques issus d'observations du nouveau matériel médical, la théorie de Piaget a formidablement pressenti les capacités en germe chez l'enfant et, surtout, constitue l'élément de sortie de l'application d'un apprentissage sur un mode passif « je regarde et je copie ». Un raisonnement qui semble coller à la peau et resservit avec le concept des neurones miroirs lors des dernières animations pédagogiques de l'éducation nationale. Afin de prolonger ses sillons, concevons une embryologie de l'intelligence et du raisonnement par « exploration, manipulation, expérimentation », qui constituerait le véritable élément instinctif et automatisé du développement humain. Selon Piaget « avant l'adolescence, le possible est un cas particulier du réel ; après, c'est le réel qui devient un cas particulier du possible ». L'accommodation est un processus par lequel la structure de l'organisme se modifie pour s'ajuster au milieu. Ce processus dynamique devient « psycho-biologique », à savoir la mise en mouvement du développement de l'intelligence par équilibration et autorégulations successives. Ce phénomène est malaisément indentifiable car à la fois très complexe et chaotique.

Les chercheurs ont pu, grâce aux technologies modernes, déceler l'unité et la permanence de l'objet chez le bébé des 4-5 mois. Ces données ont conduit à considérer que ces capacités sont innées et qu'elles se construisent à travers des mécanismes de raisonnements physiques (Baillargeon, 2000) associés à des facultés très précoces d'apprentissage par la perception qui, elle seule, serait programmée » (Lecuyer, (1996), p.39). Une des modalités du développement de l'intelligence, à travers les apprentissages, consiste à inhiber les stratégies perceptives inadéquates.

Le modèle du darwinisme neuronal présente l'originalité d'emboîter nos deux échelles de temps, la phylogenèse et l'ontogenèse, en postulant l'existence d'un mécanisme commun de variation sélection. Le cortex préfrontal et le système limbique sont les acteurs majeurs de ce jeu évolutif. Les mécanismes qui contrôlent les gènes et les conditions d'environnement pour assurer le développement du cerveau sont encore mal connus. Selon Alain Prochiantz, l'étude des gènes du développement permet de comprendre l'évolution des espèces et le développement du cortex qui augmente et se régionalise. Ce développement engendre un être complexe et aux performances multiples, toutes acquises selon un modèle simple et unique qui reste celui de l'apprentissage. Apprentissage et développement constituent ici les deux faces d'une même pièce. Apprentissage moteur, sensoriel, social, culturel, mathématique, langagier, etc. : un seul mode global, un seul fonctionnement pour les regrouper, à partir de modèles comme les algorithmes neuronaux de l'apprentissage.

L'apprentissage

Le cerveau contient, dès la naissance, des algorithmes d'apprentissage statistiques extrêmement sophistiqués, souvent dits bayésiens permettant ces apprentissage intuitifs. La statistique bayésienne est une statistique particulière qui s'appuie sur les inférences et permet de travailler sur de petits échantillons. Elle trouve son originalité par sa modélisation des paramètres du modèle dans des lois de probabilité. Chaque terme du théorème de Bayes possède une dénomination usuelle et fait appel à des fonctions de vraisemblance et d'espérance des éléments constitutifs. L'enfant se comporte donc comme un scientifique en herbe par une utilisation irrépressible de tests de probabilité. En effet, on sait par exemple que les enfants regardent plus longuement les choses impossibles et semblent ainsi exprimer la retenue de leur consentement sur ce qui est visualisé.

Le cerveau dispose donc d'un jeu d'hypothèse hiérarchique qu'il projette sur le monde extérieur et dont certaines sont abstraites comme le principe de causalité et la constitution des objets du monde. L'enfant sélectionne des hypothèses ou schémas mentaux en fonction de leur vraisemblance aux vues des expériences qu'il fait. En quelques secondes, il peut déployer un modèle statistique de la situation. Attention, récompense, erreur, curiosité et sommeil, sont les éléments physiologiques de cet algorithme d'apprentissage encore imparfaitement compris. Quatre facteurs d'apprentissage sont généralement identifiés par les neurosciences.

Le premier est l'attention. Celle-ci module massivement l'activité cérébrale par la sélection des entrées (orientation) et le contrôle exécutif (sélection d'une chaîne de traitement, résolution des conflits des tâches) pour faciliter l'apprentissage par une activation plus rapide du cortex préfrontal produisant l'élévation de la connectivité fonctionnelle entre deux régions et augmentant ainsi l'activité de la région de perception et les performances comportementales. Le retour d'information, le traitement des signaux d'erreurs, la motivation en relation avec la récompense, la consolidation et l'automatisation permet le transfert du conscient au non-conscient pour la libération des ressources. Pendant ces différentes phases, le cerveau doit s'appuyer sur ses ressources d'attention sélective, d'organisation, d'inhibition, de raisonnement et de prise de décisions. Ces fonctions, qui sont dites « exécutives », relèvent notamment du lobe préfrontal. Une atteinte de ce dernier, comme certains cas de notre étude, peut compromettre une grande variété de fonctions cognitives essentielles à l'apprentissage comme la capacité d'inhiber un comportement indésirable, de rester concentré ou d'affecter un facteur émotionnel aux expériences.

En deuxième lieu intervient ce que nous pourrons appeler l'engagement actif. Des vérifications immédiates et répétées de la connaissance sont nécessaires à l'ancrage mnésique exigeant un effort soutenu et prolongé nécessaire[13]. On sait aujourd'hui que de multiples temps d'étude sans rappel ne donnent aucun résultat. Ces prescriptions sont issues directement des études en psychologie cognitive sur des tests d'efficacité de la mémoire et des apprentissages.

En troisième lieu l'encodage : des études sur le trouble de déficit d'attention montrent que ces sujets activent plus massivement les régions préfrontales que le groupe contrôle et ce à performances égales. La source du problème provient donc de la phase d'encodage où l'activation du cortex préfrontal ventrolatéral des TDA/H reste stable malgré un nombre croissant d'items à encoder. Contrairement aux participants contrôles, ces sujets peinent à offrir des ressources additionnelles face à une difficulté ascendante. Ainsi, les régions ventrolatérales et dorsolatérales du cortex préfrontal ainsi que le lobe temporal médian sont plus actives lors de l'encodage d'items rappelés correctement à long terme. En effet, le fait d'avoir à réorganiser mentalement les informations selon une loi formelle mobilise plus de connaissances sémantiques et renforce les liens des nouvelles et des anciennes informations. En définitive, le cortex préfrontal facilite le rappel par l'utilisation de regroupements sémantiques et l'inhibition d'informations distrayantes.

L'étude des neurones dopaminergiques montrent que le signal d'erreur peut être observé directement par IRM. Les neurones dopaminergiques de l'Aire Tegmentale Ventrale semblent coder la différence entre la récompense obtenue et la récompense attendue. Ces derniers anticipent la récompense et déchargent en conséquence. Leur réponse correspond au signal de différence temporelle de l'algorithme d'apprentissage qui permet d'ajuster une

[13] Prédisposition et modification du système par l'attention. L'enclenchement de la zone préfrontale du cerveau est indispensable pour solliciter l'hippocampe et l'hypothalamus.

stratégie d'action en fonction du temps (Schultz, Dayan, Montague, 2008). L'algorithme de différence temporelle « TD Learning » fait partie de la large panoplie du Deep-Learning notamment pour l'apprentissage du Back Gammon (Peter Dayan, 2014) à l'instar du plus célèbre « Alphago » dont les performances ne cessent d'augmenter chaque année et dont le seul rival qui puisse aujourd'hui le surpasser dans sa spécialité du jeu de go est sa nouvelle version Alphazero.

Prédiction et erreur de la prédiction

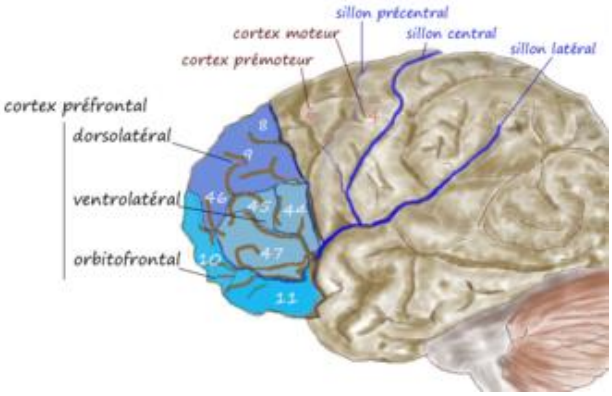
Selon le phénomène de Blocking, un stimulus nouveau qui est apparenté à une réponse complétement prévisible ne produit pas d'apprentissage. Si on précède la récompense d'un signal sonore, on obtient un effet de conditionnement, puisque l'anticipation de la récompense correspond à une décharge dopaminergique. Si on supprime la récompense, il y a une soustraction, une réduction de la décharge dopaminergique qui apparaît juste après. Selon Lisa Feigenson, il y a déjà chez le nourrisson ces effets de surprise qui sont déterminants pour les apprentissages et mobilisent le métabolisme afin de les optimiser. Le concept de « Novelty Reward », la découverte d'une information nouvelle, agit comme une récompense, en compétition avec les autres récompenses au sein du circuit de la dopamine. Chez les animaux, on enregistre une aversion pour l'« ambiguïté » assimilé à de l'inconnu ou plutôt à quelque chose de non-intégrable ou non-apprenable. « The dopaminergic midbrain, which comprises the substantia nigra and ventral tegmental area (SN/VTA), plays a central role in reward processing. This region is also activated by novel stimuli, raising the possibility that novelty and reward have shared functional properties[14]». Le cerveau utiliserait des modèles internes afin de générer des prédictions puis des constructions. Un décalage entre les prédictions et l'observation crée une surprise. Un signal d'erreur se déclenche alors montrant une prédiction imparfaite, créant ainsi une stimulation d'apprentissage.

Un dernier paradigme de la consolidation pourrait compléter les facteurs d'apprentissages sur l'échelle du long terme par un transfert de l'explicite vers l'implicite (Rescola et Wagner 1972). Inconsciemment, les informations sont consolidées par ce transfert de l'information de l'hippocampe vers le cortex. Cette activité qui consiste à consolider le processus, vient de ce qu'avec le temps, l'activation de l'hippocampe diminue lors du rappel, tandis que celle du cortex augmente. L'hippocampe procure donc une plasticité rapide, utile pour entreposer les items rappelés individuellement ne bénéficiant pas d'un indice sémantique élaboré à l'encodage et possédant par conséquent une trace mnésique moins profonde. La majorité de ce transfert opère par le cortex préfrontal médian notamment lors du sommeil. Effectivement, après une première nuit de sommeil post-apprentissage, la connectivité entre l'hippocampe et le cortex préfrontal médian augmente. Cette interaction n'est pas observée chez des participants privés de sommeil et prédit une plus grande activation du cortex préfrontal médian six mois plus tard. Durant le sommeil, le cerveau rejoue parfois de manière accélérée les décharges neuronales éprouvées pendant la journée. Certaines études ont montré que certains troubles de l'attention et/ou de l'apprentissage étaient en fait des troubles du sommeil. Il fait partie intégrante de notre algorithme d'apprentissage et peut aussi avoir une influence sur les phénomènes d'*insights*[15]. Ce phénomène a été mis en évidence chez le chimpanzé par Wolfgang Köhler, dans une série d'expériences menées à Tenerife de 1913 à 1920.

[14] https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811907005691

[15] L'*insight* est la découverte soudaine de la solution à un problème sans passer par une série d'essais-erreurs progressifs

Figure 7.- vue latérale du lobe frontal

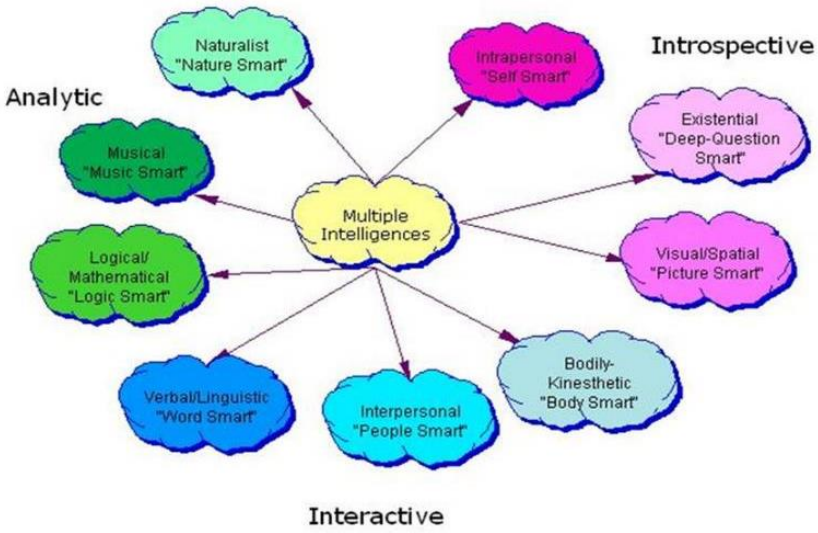


Ainsi, pour l'ensemble de ces fonctions de l'apprentissage, on peut noter la sollicitation des différentes zones du cerveau dont les plus importantes seraient le cortex préfrontal dorsolatéral (aires 9 et 46 de Brodmann) impliqué dans plusieurs fonctions cognitives telles que la mémoire de travail, la planification, la régulation de l'action et des fonctions intellectuelles supérieures, Le cortex préfrontal ventrolatéral (44, 45 et 47) qui joue un rôle essentiel dans les fonctions supérieures telles que le maintien de l'attention ou la régulation de l'action. Le cortex préfrontal orbitofrontal (10 et 11) qui régule et supervise les autres fonctions cérébrales. On connaît également le rôle des structures perirhinales et entorhinales sur l'intégration de notre mémoire à long terme. Le cortex préfrontal ventrolatéral et dorsolatéral sont également plus solidement relié à ces zones chez les sujets disposant d'une mémoire plus importante. Ces zones corticales permettent de moduler la mémoire de travail, par laquelle passent les informations à long terme afin de réorganiser ces informations, de les réguler et de les répéter en boucle pour mieux les consolider. Le cortex préfrontal permet donc la réorganisation au niveau de l'encodage afin de créer les liens entre ces zones.

La plasticité cérébrale permet au cerveau de s'adapter et d'optimiser l'utilisation des neurones pouvant aller jusqu'à la suppression d'une entrée sensorielle. Les périodes sensibles sont des périodes spécifiques où le cerveau semble particulièrement propice à la construction d'une compétence particulière. Le cerveau apprend tout au long de la vie mais il y a préférence pour certains apprentissages dans certaines phases du développement. La syntaxe et la grammaire de la langue orale se mettent en place dès la naissance jusqu'à trois ans et dépendent du bain linguistique du milieu environnant. On sait que, passé cette période, il est difficile de combler le retard. Ces différentes étapes correspondent à différentes compétences qui vont donc se hiérarchiser et créer des stades.

Après avoir catégorisé les stades de l'intelligence, les psychologues ont également catégorisé les types d'intelligence. Cette catégorisation a donné naissance à différents découpages et méthodes d'évaluation tentant de scinder les compétences intellectuelles en compartiments étanches. Toutefois, sur le plan scientifique, la théorie des intelligences multiples, notamment celle de Howard Gardner, fait l'objet de très nombreuses critiques, car non validée par les recherches expérimentales sur l'intelligence humaine. Il est vrai que le cerveau possède anatomiquement un découpage des différentes fonctions. Toutefois, celles-ci restent souvent imbriquées ou interdépendantes et peuvent s'échanger l'une l'autre par le phénomène de la plasticité cérébrale et des voies neuronales transverses.

Figure 8 - tableau des intelligences multiples de Howard Gardner



Les émotions jouent également un rôle jusque dans le raisonnement logique. Lorsque le fonctionnement de ces zones est perturbé, des troubles du comportement liés à un trouble des apprentissages apparaissent. Le cortex cingulaire antérieur dédié à la détection des conflits est très proche des systèmes limbiques qui gèrent les émotions (Olivier Oudé, 2010). Il intervient lors du passage d'une stratégie perceptuelle, économique mais non appropriée, à une stratégie basée sur le contrôle cognitif et les fonctions cognitives de haut niveau.

Figure 9 - configuration des contacts synaptiques



L'activation des récepteurs peut avoir un impact sur l'ARNm, au cœur même de l'épine dendritique, augmentant la production de protéines structurelles. Des messagers secondaires peuvent également conduire des signaux qui agiront sur l'ADN, provoquant une nouvelle synthèse d'ARNm. Appréhender les mécanismes de régulation fonctionnelle et la structure de ces épines permettrait d'interpréter les mécanismes d'apprentissage et d'adaptation pour mieux comprendre leurs dysfonctionnements.

Bases neuronales

Les neurones de l'apprentissage

Les néo-neurones coordonnent toute une catégorie de neurones plus anciens et agissent comme des facilitateurs d'apprentissage et des affineurs de messages sensoriels experts en différenciation.

Le fonctionnement du cerveau, de l'échelle moléculaire à l'échelle des réseaux de neurones, est soumis à de multiples sources de complexité dynamique se manifestant sous forme de bruit ou de chaos. Dans un système bruité, la connaissance des conditions initiales ne permet pas de connaître l'évolution future du système. Dans un système chaotique déterministe, la connaissance des conditions initiales l'autorise, du moins en théorie. Ainsi, lorsqu'une information nouvelle arrive dans le cerveau, elle modifie la dynamique de fond préexistante. Cette interaction d'un stimulus et de cette réponse biologique permet au cerveau de répondre au stimulus de façon adaptée et reproductible. Le fonctionnement quantique du cerveau permet à chaque cellule de changer son état en fonction de l'ensemble en reconfigurant ainsi l'ensemble selon son état. Si le phénomène est peu reproductible, on constate une régularité statistique : la probabilité qu'un ou plusieurs neurones déchargent en même temps est relativement constante d'un essai à l'autre. C'est la loi de Hebb.

On ne peut expliquer ce système physique par simulation informatique. En effet, le cerveau n'est pas un système qui traite de l'information, «le prix de la métaphore est une éternelle vigilance » (citation attribuée par Richard Lewontin, dans *La Triple Hélice*, à Alexandre Rosenblueth et Norbert Wiener dans « Purposeful and Non-Purposeful Behavior », *Philosophy of Science*, 17, 1950). L'activation d'un mot est influencée par les informations de bas niveau mais aussi de haut niveau. Ce mécanisme d'inhibition intra-niveau entraîne une inhibition mutuelle de tous les candidats afin d'accélérer la reconnaissance du mot cible, d'où une compétition accrue entre les différentes unités mot.

Le gyrus fusiforme gauche intervient également en montrant une réduction d'activation en dépit de la casse du mot par son rôle dans la codification de l'identité abstraite du mot. L'aire de la forme visuelle des mots peut être décomposée en deux sous-régions plus petites. L'aire postérieure (bilatérale) n'est pas invariante à la localisation du mot et coderait donc la position spécifique des lettres dans le mot, tandis que le gyrus médian fusiforme gauche reste, lui, invariant à la position des lettres. Le cortex occipital extrastrié droit montre une réduction d'activation uniquement pour les paires physiquement identiques et suggèrent un rôle discriminant dans le codage des traits visuels.

Une approche technico-cognitive

Les travaux de Tanaka (1996) ont décrit l'architecture neuronale qui s'occupe de la reconnaissance visuelle des formes. Lorsqu'un neurone de la zone inféro-temporale code pour une forme complexe, une forme plus simple peut l'activer tout autant. On peut ainsi élaborer un tableau de schéma qui donnerait une correspondance forme-objet. C'est la hiérarchie complexe des traits pertinents présentés par la théorie des Géons de la psychologie cognitive. Les regroupements se renforcent par loi de Hebb, décrit plus haut, lorsque les neurones ont l'habitude d'être sollicités ensemble afin de solliciter des formes par renforcement de voisinage. Ces méthodes sont également utilisées en compressions et modélisations numériques.

La région inféro-temporale comprend ainsi de nombreux neurones qui réagissent à des formes simples, dont certaines évoquent la forme de nos lettres. Ces lettres ont été sélectionnées par l'histoire de l'écriture pour leur caractère « non-accidentel et invariant » (Biederman, 1987) ainsi que pour leur capacité combinatoire, qui permet de représenter de multiples objets nouveaux (Tanifuji *et* coll.*).* Les stratégies d'encodage ont été largement définies par de nombreuses études et théories, dont Stanislas Dehaene propose une synthèse dans son cours de la Sorbonne, en 2009. On voit que différentes stratégies sont en compétition et permettent au système une rapidité d'exécution impressionnante par le fonctionnement de traitement parallèle du cerveau.

La mémoire résulte de variation d'activités neuronales dans des réseaux où chaque souvenir correspond à des neurones interconnectés. Les événements environnants sont codés dans les aires sensorielles sous forme de configuration unique d'activité spatio-temporelle de neurones interconnectés et de configurations de décharges neuronales qui se propagent vers les aires associatives. Les synapses de l'hippocampe qui sont en jeu possèdent une plasticité remarquable, connue sous le nom de potentialisation à long terme. La seule activation d'un circuit pendant un temps bref peut entrainer une modification des synapses de ce circuit pendant des semaines ou des mois, les neurones conservent ainsi une trace de leur activation antérieure. Le circuit est modifié et sert de filtre pour rejeter les messages trop faibles et crée un lien préférentiel ou chemin spécifique durable entre les neurones activés et leurs cibles.

Des phénomènes de potentialisation à long terme sont alors possible par des variations de potentiels de certaines synapses lors de l'apprentissage. Ces variations s'accompagnent d'évolution de ces synapses augmentant les dispositions éventuelles de l'ensemble du réseau de neurones correspondant au souvenir. Lorsque les transformations synaptiques finissent par s'estomper, l'information mémorisée est perdue. La mémoire n'est pas pour autant un concept unifié, elle se compose de différents systèmes de mémoire spécialisés. Quand tout va bien, il est difficile de les distinguer, puisqu'ils travaillent en harmonie et sont complémentaires mais des maladies ou lésions cérébrales peuvent affecter de manière spécifique certains de ces systèmes et amener des formes d'amnésie singulières qui les mettent en évidence.

Les longs prolongements des neurones de l'hippocampe permettent une communication avec les neurones de zones cérébrales éloignée. Le néostriatum notamment, un ensemble de boucles sous-cortico-frontales qui joue un rôle fondamental dans les conditionnements émotionnels et participent à l'élaboration de différentes formes de mémoire implicite. La mémoire peut ainsi se composer de variations d'activités neuronales dans des réseaux éloignés où chaque souvenir correspond à une configuration unique d'activité. Cette activité « représentative » résultant de chaque souvenir ne stagne pas sous une forme unique car nous n'avons pas l'ensemble de nos souvenirs présents à l'esprit. En fait, les motifs d'activation neuronale forment la mémoire active, présente uniquement au moment de la construction du souvenir et de son rappel. Les expériences sensorielles laissent des traces dans le cerveau en modifiant l'efficacité des liaisons synaptiques entre les neurones. Certaines synapses sont renforcées, d'autres affaiblies et de nouveaux contacts apparaissent. La disposition structurelle de ces modifications synaptiques correspond à la trace biochimique du souvenir.

Reconfigurations protéiniques

Sur un plan plus macrobiologique, ces réactions provoquées lors de la mémorisation se caractérisent par la libération d'une molécule spécifique dans la fente synaptique par le stimulus déclenchant (visuel, par exemple) augmentant ainsi ses performances. il existe un centaines de molécules composant les différents neurones du cerveau. La molécule la plus engagé dans le processus de mémorisation est le glutamate. Les performances et la sensibilité de ces différents neurones sont accrues par l'afflux d'ions calcium favorisant les échanges au sein de la cellule. Ces ions calcium activent toute une série de protéines kinases, lesquelles activent en cascade toute une série d'autres protéines. Cette transformation des cellules neurones est protéinique et génétique et peut engendrer la production de nouvelles synapses.

En effet, l'expression de certains gènes peut être modifié par des « commutateurs moléculaires » qui modulent l'expression d'autres gènes et assurent la consolidation des

éléments synaptiques et la formation de nouveaux contacts entre neurones. L'activation initiale qui suggère la modification des synapses laisse une sorte d'étiquette qui permet aux vagues ultérieures de protéines de trouver leur chemin et de consolider spécifiquement les synapses étiquetées notamment lors des phases de sommeil transformant le changement temporaire en un changement permanent. Ainsi, par ses propriétés de plasticité, notre hippocampe produit, grâce à un mécanisme moléculaire de régulation génique, des modifications dans le réseau qui se propagent de relais en relais dans les différentes aires.

L'ensemble de ces considérations scientifiques permet d'examiner plus en profondeur les apports de la recherche en neurosciences dans la compréhension du fonctionnement profond du cerveau lors de l'apprentissage. Elles permettront éventuellement de considérer les dysfonctionnements repérés lors des tests d'apprentissages de notre protocole expérimental et peut être de déterminer s'ils sont d'ordre quantitatif ou qualitatif. Il est évident qu'un dysfonctionnement a quelque niveau que ce soit de ces différents processus biologiques peut apporter des troubles de l'apprentissage. Aussi, ces évènements seront plutôt dus à un appauvrissement du développement cérébral ou à dysfonctionnement profond, moléculaire du réseau de neurones responsables de ces fonctions cognitives sachant que le second paradigme peut induire le premier mais que la réciproque n'est pas possible. Ce que le diagnostic commun nomme « surcharge cognitive » pourra être dépassé et nous pourrons proposer différentes voies de réadaptation par la stimulation cognitive selon les différents troubles des processus cognitifs, qu'ils soient profond ou de surface.

Neuropsychologie de la lecture

Exposition historique

Le système de Stanislas Dehaene a l'avantage de proposer une approche neuronale bien plus empirique que les modèles connexionnistes. Selon lui, l''identification du mot « jaillit » du traitement cérébral tout comme la reconnaissance des visages. Elle est identifiée par le même système cognitif et par les mêmes réseaux neuronaux. Est-ce que la représentation d'un visage active les visages qui lui sont proches ? On peut remarquer que si les similitudes sont fortes, la ressemblance surgit automatiquement. La lecture va toutefois mobiliser d'autres ressources et représente l'un des rares phénomènes culturels qui s'appuie sur des phénomènes biologiques directement observé par les neurosciences.

Le lecteur lambda ne peut se rendre compte de la série d'enclenchements mécaniques mis en place par le cerveau pour la reconnaissance visuelle des lettres en raison de la rapidité et de la discrétion de son exécution. Il peut ainsi avoir l'impression d'un *accès direct aux mots écrits*. Moins d'un quart de seconde après l'apparition d'une série de lettre sur la rétine, les aires associatives du traitement sensoriel sont convoquées pour préparer et enclencher le traitement de la langue (réception, compréhension, intellection) et sont sollicitées pareillement dans le traitement oral production, émission) (Dehaene, p. 201). Les neurones de la région temporale inférieure ont un mécanisme d'association arbitraire par corrélation temporelle, qui permet l'attribution du « a » et du « A » à un même neurone. Les associations de voisinage peuvent également influencer de la même manière les neurones avoisinants, créant ainsi une chaîne statistiquement corrélée.

À l'étape suivante, un neurone peut signaler la présence d'une ou deux lettres à gauche de N. « Des groupes de neurones codent pour des groupes de deux ou trois lettres. Il doit y avoir un compromis entre l'invariance, la sélectivité et la nécessité de maximiser la quantité d'information véhiculée par chaque neurone. » (*Ibid.*, p.102). Toutefois, Dehaene refuse l'insertion des unités trigrammes dans son système : « Un neurone qui répondrait à un triplet

de lettres ne pourrait le faire à ce niveau qu'à une position unique ». La combinaison de lettres la plus utile est donc le bigramme, d'où « l'existence de neurones très particuliers, les neurones bigrammes [qui répondraient] à tous les mots qui contiennent une certaine paire de lettres ». Le détecteur du bigramme EN devrait détecter « entre » « ment » mais aussi « sein » et « cerne » à cause de la structure des champs récepteurs.

Un « hoax [16]» depuis septembre 2003 montrait la possibilité de lire des mots avec les lettres mélangées si la première et la dernière sont conservées. Le texte était le suivant : Sleon une édtue de l'Uvinertisé de Cmabrigde, l'odrre des ltteers dans un mtos n'a pas d'ipmrotncae, la suele coshe ipmrotnate est que la pmeirère et la drenèire soit à la bnnoe pclae.

Seul le traitement des mots par leurs bigrammes permettaient de conserver cette propriété. Ainsi le mot serait représenté par une liste des paires ordonnées : LE, LC, LT, EC, ET, EU, CT, CU, CR, TU, TR, TE, UR, UE, RE pour le mot « LECTURE » correspondant aux neurones respectifs codant pour ces paires de lettres. Jonathan Grainger et ses collaborateurs ont montré que l'ensemble de ces résultats pouvait s'expliquer par un codage par « bigrammes ouverts », dans lequel le mot serait codé par la liste de ses paires de lettres (Grainger, Granier, Farioli, Van Assche, & van Heuven, 2006).

Finalement ce texte s'avère être nullement une étude et encore moins en provenance de l'université de Cambridge. En effet, les recherches mènent à différentes sources dont la plus ancienne semble être : http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/~mattd/Cmabrigde/rawlinson.html qui présente le résumé d'une thèse de 1976 nommée "The Significance of Letter Position in Word Recognition" par son auteur lui-même, Graham Rawlingson. Grainger et Whitney (2004) cherchaient un code abstrait pouvant expliquer ce phénomène. Jonathan Grainger et ses collaborateurs ont découvert que ces résultats pouvaient s'expliquer par un codage par « bigrammes ouverts » (Grainger, Granier, Farioli, Van Assche, & van Heuven, 2006). Ils ont trouvé ce code grâce aux bigrammes en observant que jardin et jrdn s'amorcent, alors qu'il ne s'amorce pas avec jtrdvn ou jdrn, que Bagde amorce badge autant que badge lui-même. Seul le traitement des mots par leurs bigrammes permettait de conserver cette propriété.

La modélisation de Stanislas Dehaene

Une deuxième modélisation de la lecture se mettrait en place au fil de la progression de la lecture vers un mode expert. Il s'agit bien d'une lecture globale mais qui ne peut se mettre en place qu'après la progression d'un apprentissage linéaire. Un apprentissage uniquement basé sur cette méthode ne ferait que saturer la mémoire et se priverait de l'évolution naturelle du réseau qui permet un déchiffrage à moindre coût. Dehaene admet que, pour les petits mots courants, cette reconnaissance peut exister. Ce second mode de lecture s'installe donc en mode expert et remplace la lecture linéaire jusqu'à l'obstruer partiellement. Toute perception, réelle ou imaginaire, est générée par une coalition de neurones. Dans le modèle proposé par Stanislas Dehaene, les neurones spécialisés codent pour chaque forme de lettres. Les derniers neurones travaillant pour le déchiffrage répondent à une portion de lettres. Selon les remarques de S. Dehaene : « des neurones voisins ont tendance à coder pour des formes similaires » (Dehaene, p. 183). Aussi, cette disposition ressemble-t-elle à un réseau qui rattache un trigramme à un bigramme, un quadrigramme à un trigramme, etc. Ainsi, la différence entre un très bon lecteur et un autre viendrait surtout du nombre de mots que le lecteur est capable d'anticiper.

[16] Canular informatique sous forme de courriel ou de simple lettre-chaîne.

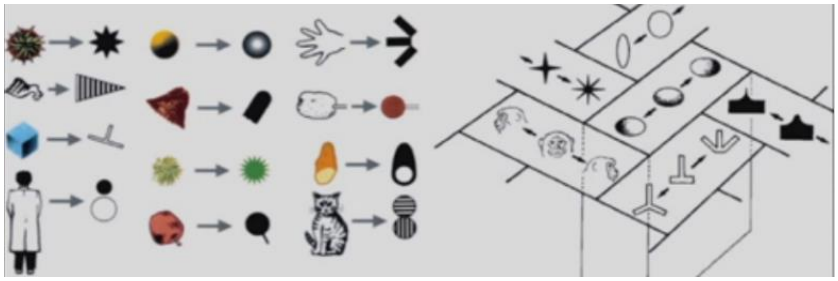
Ce second mode s'implante seule et ne nécessite pas d'apprentissage de la part du sujet. C'est encore une des facultés extraordinaires du cerveau : devenir expert dans un domaine et architecturer lui-même les principes qui vont lui permettre d'opérer le traitement avec une efficacité totale. La substance motrice de ces modifications fait sans doute partie des capacités édifiantes de notre cerveau par les processus soulevé lors du chapitre précédent. Diverses expériences d'amorçage masqué indiquent une reconnaissance facilitée des mots après présentation préalable d'une portion de ces lettres si l'ordre des lettres est conservé : les caractères LCTS vont amorcer LECTUS.

Théorisation neuronale

Naissance du modèle bigramme

Le cortex est constitué de réseaux de neurones interconnectés selon des schémas extrêmement complexes. Toute perception, réelle ou imaginaire, est générée par une coalition de neurones qui se renforce et s'inhibe selon leurs les autres coalitions. La dynamique de cette compétition n'est pas aisée à comprendre dans les détails, mais il est clair qu'elle repose sur une stratégie où la « coalition gagnante rafle tout ». La coalition qui domine à un instant donné présente en quelque sorte son contenu à la conscience. **.**

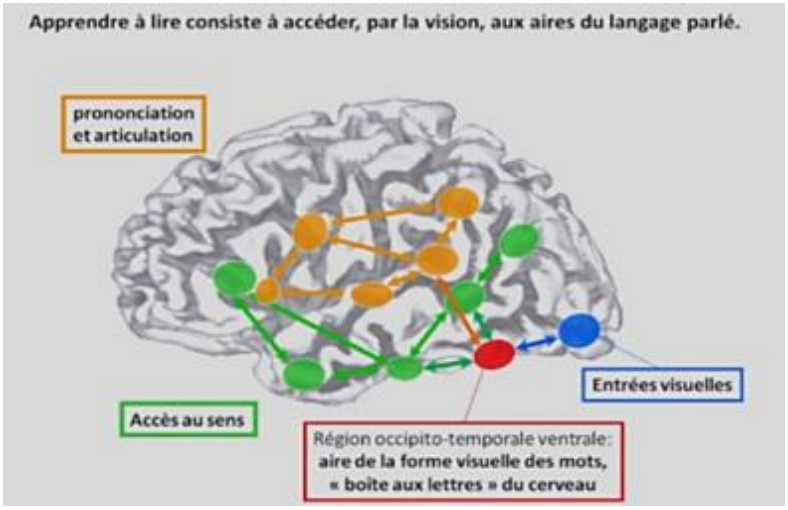
Figure 10 - modèle des formes primaire des aires visuelles de Stanislas Dehaene -



Une pyramide de neurones spécialisés code pour des formes de plus en plus complexes. Initialement, dans les aires visuelles primaires, certains neurones répondent aux traits horizontaux et d'autres aux traits verticaux. Après la conjonction de ces différentes cellules, d'autres neurones répondent uniquement à une forme donnée, en l'occurrence une lettre. Plus loin, d'autres neurones répondent aux formes différentes d'une même lettre. Enfin, plus avant dans la chaîne de traitement, certains neurones répondent à une portion de lettres pour terminer le traitement en cascade sur des neurones répondant au mot.

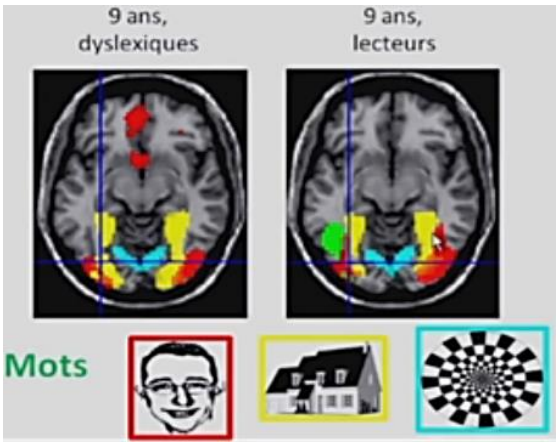
Les régions latérales répondent mieux aux images présentées au centre de la rétine, la fovéa, tandis que les régions situées au centre du cerveau répondent mieux aux images présentées en périphérie de la rétine. De plus, les régions les plus antérieures du cortex visuel préfèrent les objets complexes et structurés. La théorie de Stanislas Dehaene synthétise de manière assez harmonieuse l'ensemble des données sur la question, qu'elles soient d'ordre psychologiques ou qu'elles émanent des sciences cognitives.

Figure 11 - Architecture cérébrale de la lecture ; schéma de Stanislas Dehaene



À titre de démonstration, on peut noter que le cerveau des enfants dyslexiques présente plusieurs anomalies caractéristiques : l'anatomie du lobe temporal est désorganisée, sa connectivité est altérée et son activation au cours de la lecture est insuffisante. Une forte composante génétique est impliquée, et quatre gènes de susceptibilité ont été identifiés. Chez les enfants chinois, la dyslexie est liée à des troubles de la mémoire grapho-motrice, en raison du nombre élevé de caractères possibles. La migration neuronale a pu être altérée chez les sujets dyslexiques, de sorte que les neurones ont migré vers la surface du cortex en dépassant leur position normale. Cette altération de la migration neuronales est appelée ectopie cellulaire.

Figure 12 - IRM d'un cerveau atteint de dyslexie lors d'une tâche de lecture



Stratégies d'encodage et mémoire de travail

Les stratégies d'encodage ont été définies largement par de nombreuses études et théories, dont Stanislas Dehaene a proposé une synthèse dans son cours de la Sorbonne de 2009. On voit que différentes stratégies sont en compétition et permettent au système une impressionnante rapidité d'exécution. Le traitement en parallèle, véritable principe du fonctionnement du cerveau, procure ce rendement extraordinaire. Une vaste littérature montre que, pendant la lecture, la mémoire de travail est basée sur l'activation de présentations phonologiques (Baddeley, 1993). C'est pourquoi le fait d'avoir ces représentations à sa disposition entraîne des agencements sur l'activité mentale affectée à la perception de la parole et au développement du langage - et à plus forte raison à celui de la lecture.

La mémoire de travail, souvent restreinte, ne permet pas d'appréhender la phrase dans sa globalité, lorsqu'elle est complexe et longue. Elle est mise à contribution chaque fois que des informations qui ne sont pas simultanément disponibles doivent être traitées ensemble. Par exemple, lors du traitement d'une phrase orale ou écrite, dans des activités de calcul mental, etc. « Les unités de segmentation à l'écrit ne sont pas strictement définies au plan linguistique pas plus que les unités de segmentation de l'oral, qui sont cependant souvent différentes de celles de l'écrit » (*Ibid*., p105). Du point de vue du traitement de l'information, rien ne prouve que les mots (suite de signes graphiques) soient les unités les plus appropriées.

Nous avons vu que grâce à divers mécanismes associatifs de la plasticité cérébrale, les neurones vont s'interconnecter en unités fonctionnelles de mémoire. Afin d'élaborer une topographie de cette mémoire, il est nécessaire de considérer les zones corticales sensorielles et motrices primaires comme les dépositaires d'une classe de mémoire innée que l'on peut appeler « mémoire de l'espèce ». A la naissance, la structure synaptique de ces zones contient la somme des principales expériences acquises par l'espèce au cours de l'évolution par interaction avec son environnement. Cette mémoire phylétique peut se modeler et se renforcer par l'éducation mais le cerveau crée davantage que ce que l'on « conscientise ».

Transformation de la zone occipito-temporal

Le recyclage neuronal

Stanislas Dehaene désigne par « exaptation » l'existence d'une aire cérébrale spécialisée pour la lecture dont une localisation identique aurait été observée quel que soit les individus. Dans la mesure où la lecture est une activité récente à l'échelle de l'évolution humaine, certains éléments précurseurs ont pu conduire à une spécialisation de cette région chez les primates. Chez l'ensemble des primates, cette région occipito-temporale ventrale joue un rôle central pour les propriétés d'invariances lors du traitement des visages et des objets (Rolls, 2000). Les expériences en RIM révèlent qu'elle comprend une mosaïque de neurones spécialisés pour des formes d'objets, et invariants pour les indices visuels qui les composent, comme exposé en Figure 10 - modèle des formes primaire des aires visuelles de Stanislas Dehaene -.

Ces neurones présentent une grande plasticité : lorsque l'animal apprend à reconnaître des objets nouveaux, y compris lorsqu'il s'agit de formes abstraites ou d'éléments complexes (fractales), certains neurones inféro-temporaux se mettent à répondre sélectivement à ces formes. Lorsque l'animal apparie deux formes arbitraires, ces deux formes peuvent être codées par un seul et même neurone. Un assemblage neuronal identique peut être à l'œuvre pour l'apprentissage des paires de lettres minuscules et majuscules.

Selon la théorie de Stanislas Dehaene, « des neurones voisins ont tendance à coder pour des formes similaires » *(ibid.,* p.183). Cette proximité, cette schématisation, présentes dans le câblage participent-elles à cette évolution possible - les compétences se rattachant les unes aux autres, s'émancipant par voisinage. Aussi, cette disposition ressemble-t-elle à un réseau qui rattache un trigramme à un bigramme, un quadrigramme à un trigramme, etc. Le système a-t-il plutôt intérêt à associer deux bigrammes pour créer un trigramme ou à créer un neurone voisin qui répondra à un trigramme proche du bigramme ? Dans le cas de la reconnaissance de formes plus subtils, d'autres neurones viennent compléter le réseau. Ils pourront, par exemple, s'activer pour une forme allongée et vaguement rectangulaire mais cesser de répondre si ce rectangle est muni de détails supplémentaires » *(ibid.,* p.184). Plusieurs modélisations restent possibles, mais le cerveau, plein de ressources et de surprises, peut avoir choisi un autre chemin. On peut donc établir un alphabet de formes géométriques

simples et observer les éléments pertinents qui permettent la reconnaissance. Quelles sont les informations qui lui sont réellement utiles ?

Les neurones de la reconnaissance

La reconnaissance visuelle des formes semble donc passer par une pyramide hiérarchique de neurones logés dans la voie occipito-temporale ventrale et sensibles à des unités visuelles de taille et d'invariance croissantes. On s'attend à ce que l'apprentissage modifie partiellement les sensibilités de certains neurones qui se mettent alors à coder les formes des lettres et leurs combinaisons. Un modèle précis de ce recyclage neuronal a été présenté (Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005). Ce dernier postule que l'apprentissage de la lecture met en place une « hiérarchie de détecteurs de combinaisons locales allant depuis les traits isolés jusqu'aux mots, en passant par les lettres, les bigrammes et les morphèmes. ».

Aucune expérience n'a pu mettre en évidences ces phénomènes par l'enregistrement de neurones en activité même si l'IRM fonctionnelle a commencé à scruter « l'organisation anatomo-fonctionnelle prédite par le modèle, en démontrant une organisation topographique et hiérarchique au sein de la voie occipito-temporale-ventrale gauche » (Vinckier *et alii*). La dégradation visuelle de la présentation des mots, par exemple par des espacement des caractères a donné des résultats en conformité avec les recherches du Neurospin. En effet, lorsque ledit espacement dépasse deux caractères de valeur seuil au-delà duquel les « neurones bigrammes » doivent cesser de répondre, la dégradation de la lecture se fait effective et devient lente et sérielle comme si elle devenait dépendante du second système de lecture par voie occipito-pariétale. Un certain nombre d'expériences en oculométrie ont pu également confirmer l'ensemble de ces observations.

Deux voies de lecture

Les sciences cognitives proposent également un système à deux voies de lecture avec des interprétations différentes. Les premiers signes d'une organisation à double deux voies sont fournis par deux neuropsychologues (Marshall & Newcombe, 1973). Ils catégorisent les alexies périphériques dont fait partie l'alexie pure et mette en exergue une forme d'alexie profonde ou centrale dans laquelle le patient montre un accès sémantique à un mot sans pouvoir en retrouver la prononciation. Une autre forme d'alexie de surface présente des sujets avec une application des règles de conversion graphème-phonème présentant une sur-régularisation et donc des erreurs, encore une fois sans compréhension du mot.

Marshall et Newcombe, puis Coltheart, ont proposé que ces déficits traduisent la détérioration sélective de deux voies de lecture différentes, une voie de surface qui permet la conversion graphème-phonème de toutes les chaînes de caractères et une voie profonde qui récupère les informations lexico-sémantiques associées à chaque mot. Ces résultats ont été incorporés à des modèles détaillés, dont une excellente synthèse critique est proposée par Perry et coll (2007). Des expériences en neuro-imagerie se sont également attachées à dissocier les aires cérébrales associées aux deux systèmes de lecture. Deux méthodes ont été expérimentées pour favoriser le passage par la voie lexicale ou la voie de conversion graphème-phonème. Dans la première méthode « à stimulus variable », on contraste des stimuli qui sont susceptibles d'emprunter des voies différentes. Dans la méthode « à stimulus constant et tâche variable », on contraste des tâches qui concentrent l'attention du sujet sur un niveau de traitement phonologique. Ces résultats confirment que les deux voies peuvent traiter les informations en parallèle et que la vitesse de lecture dépend de l'une ou l'autre suivant la nature du mot lu.

Partie 2 théorique 3 - Le handicap mental

Les diagnostics possibles

Les pathologies en rapport direct avec la lecture

Du cérébrale à l'âme

Déficience intellectuelle ? Incapacité intellectuelle ? Retard mental ? Handicap mental ? Ces termes sont-ils synonymes ou substituables ? Selon l'organisme qui les décrit (DSM IV, CIM 10, AAMR, UNAPEI, etc.), et selon qu'on travaille dans le champ médical social ou éducatif, le choix se portera sur l'un ou l'autre terme. Les critères médicaux, administratifs ou sociaux ne sont pas les mêmes. Le symposium d'un congrès de l'AIRHM en 1995 (Association internationale de recherche scientifique en faveur de personnes handicapées mentales) a été consacré à ces problèmes de terminologie, sans qu'un réel consensus ne s'opère. On peut simplement s'accorder sur le retard mental, un déficit des fonctions cognitives ainsi qu'un déficit en adaptation sociale.

L'examen classique de diagnostic comporte l'observation de l'enfant, son langage expressif et réceptif, ses fonctions perceptuelles et visuo-spatiales, la mémoire, l'attention et les fonctions exécutives. Afin de mieux comprendre ces différences, des études différentielles avec des groupes spécifiques comme les enfants porteurs du syndrome de Williams ou du syndrome de l'X fragile ont été menée par Rondal (2001). Pour celui-ci, « un profil langagier (et probablement neuropsychologique) particulier peut être associé à différents syndromes déterminant un retard mental ». Il convient alors d'adapter les programmes d'interventions et de remédiations spécifiques à chaque groupe syndromique. Selon Rondal (2001, p. 126-127), il faut développer des études « inter-syndromiques » afin de rechercher les points communs de ces syndromes et les caractéristiques qui diffèrent à niveau cognitif égal.

« De nombreuses recherches entreprises aussi bien sur l'adulte sain, le patient cérébrolésé, l'adulte âgé ou encore le jeune enfant ont, en effet, imputé tel degré de déficience ou telle forme de dysfonctionnement cognitif à la carence des mécanismes les plus universels et les plus généraux, entretenant notamment des relations étroites avec la mémoire de travail ». (Huteau & Lautrey, 1998). Les biologistes pensent que les gènes responsables des troubles cognitifs sont différents de ceux qui influencent les fonctions cognitives normales. Ainsi, l'arriération mentale légère serait en grande partie héréditaire, mais les cas les plus graves seraient dans une large proportion déterminée par des facteurs environnementaux (des complications périnatales) ou des atteintes cérébrales qui n'interviennent pas dans le développement de l'intelligence naturelle.

L'analyse des variations présentes naturellement dans les populations humaines a mis en évidence des mutations de gènes isolés qui provoquent un retard mental global ainsi les gènes de la phénylcétonurie et du syndrome de l'X fragile, provoquant tous deux des retards mentaux. De plus, les anomalies génétiques responsables de la myopathie de Duchenne, du syndrome Lesch-Nyhan, de la Neurofibromatose de type 1 et du syndrome de Williams sont probablement la cause de déficiences cognitives associées à ces pathologies. On connaît ainsi aujourd'hui plus de cent mutations qui perturbent le développement cognitif.

Les problèmes de mémoire

Le lobe temporal médian joue un rôle fondamental dans la mémorisation. Il est en effet le siège d'un circuit neuronal auquel on attribue la consolidation de la mémoire

déclarative. Les informations issues des aires corticales associatives chemineraient dans le lobe temporal médian en passant par le cortex rhinal (périrhinal et entorhinal) puis par le cortex parahippocampique pour rejoindre l'hippocampe. Ce circuit participe au stockage des informations en mémoire. Le cas célèbre du patient HM, ayant subi une section bilatérale sur la face interne du lobe temporal, comprenant l'amygdale et les deux-tiers de l'hippocampe, présenta une amnésie antérograde sévère. Il pouvait se souvenir d'expériences mémorisé avant l'opération mais était incapable de se souvenir d'une personne présentée cinq minutes plus tôt ; Il ne pouvait former de nouveaux souvenirs. Il pouvait réaliser une tâche sans se souvenir qu'on la lui ait demandée.

Le développement du lexique sollicite la mémoire de travail. Les incapacités concernant le lexique vont solliciter les différents champs de cette mémoire. Il va donc falloir déterminer son degré de responsabilité en cas de déficit dans ce domaine. Pour tester cette mémoire de travail, Daneman et Carpentier (1980) ont mis au point une épreuve permettant de mesurer la capacité de la mémoire de travail par variation d'empan de lecture. Depuis quelques années, on propose à certains patients une prise en charge en remédiation cognitive concernant la mémoire de travail. Cette rééducation se fait le plus souvent à l'aide du logiciel COGMED, qui a fait la preuve de son efficacité.

Baddeley & Hitch (1974 ; voir aussi Baddeley & Lewis, 1981; Baddeley, 1986), ont élaboré un modèle de la "mémoire verbale de travail" (working verbal memory) à composantes multiples comportant un contrôleur central qui interagit avec la mémoire à long terme, assisté de deux systèmes auxiliaires, un « calepin visuo-spatial » qui permet de stocker l'information de nature visuelle et spatiale et une « boucle phonologique ». La boucle phonologique remplit deux fonctions : l'une consiste à enregistrer les items en mémoire sous format phonologique, quelle que soit leur origine sensorielle. L'autre consiste à répéter cette information si sa durée de vie est insuffisante pour réaliser une tâche particulière.

Il est bien établi que la connexion phonologique entre la langue écrite et la langue orale fait partie des processus de traitement des mots écrits et surtout joue un rôle déterminant dans l'apprentissage de la lecture (Alegria, Leybaert & Mousty, 1994). Toutefois, bon nombre de méthodes restent fondées sur des hypothèses de lecture purement idéo-visuelles. La lecture à voix haute est considérée comme moins efficace dans l'attribution du sens et les élèves peuvent lire sans comprendre le texte. Les tests de compréhension de lecture sont les seuls à pouvoir différencier le décryptage des sons d'une lecture sémantique.

Troubles des fonctions cognitives

Des troubles de la perception auditive sont fréquemment observés et se traduisant le plus souvent par un défaut de discrimination auditive liée à la durée du signal sonore. Ils se caractérisent par une difficulté de maintien de la séquence des signaux sonores pour sa mémorisation. On peut y ajouter les troubles de la perception visuelle avec des difficulté à discriminer des informations visuelles présentés trop succinctement ou s'ils sont mêlés à un trop grand volume d'éléments ainsi que les troubles de l'orientation spatiale comme difficultés à s'orienter et à s'organiser dans l'espace (conscience corporelle, intégration gauche/droite).

On peut noter les troubles de l'hyper ou hypo-activité avec multiplication des activités ou passivité. Ce trouble, que l'on appelle les réactions catastrophiques, entraîne des réactions démesurées face à des difficultés de compréhension et d'adaptation à la situation. L'impulsivité liée par comorbidité empêche de prendre le temps d'agir, d'analyser par tâtonnement, sans stratégie d'une fois à l'autre ainsi qu'une difficulté à s'auto-corriger.

Les troubles de l'apprentissage qui nous intéressent tout particulièrement sont les difficultés d'attention/concentration caractérisées par des difficultés pour l'attention sélective (inaptitude à centrer son attention sur les éléments importants d'une tâche). Le sujet se laisse facilement distraire par les bruits compétitifs, la durée d'attention trop courte entraîne des variations dans la performance : un jour, le travail s'effectue correctement ; le lendemain, il devient impossible. Cela débouche très souvent sur une instabilité et une fragilité des acquis qui rend les évaluations difficiles. Les difficultés d'apprentissage ressortent de façon persistante dans la lecture : difficulté avec les structures de phrases complexes que ce soit au niveau du sens et de la syntaxe difficulté de déchiffrage, difficulté à situer la temporalité d'un texte, compréhension affectée par le vocabulaire restreint.

Les troubles du comportement considéré longtemps comme des troubles associés montre une certaine rigidité du comportement, une résistance aux changements, de la difficulté à s'extraire de la ritualisation, d'intégrer de la nouveauté entraînent des situations difficiles à gérer, des maladresses sociales et peu d'adaptation à la vie en communauté. Ces troubles aujourd'hui isolés sont souvent à l'origine de troubles de l'apprentissage.

Le champ des Dys

La dyslexie

La dyslexie est aujourd'hui classée parmi les pathologies dues à un déficit de fonctionnement de la mémoire de travail. Il existe plusieurs formes de dyslexies fondées sur des stratégies lexicales différentes ciblant plutôt les fonctions phonologiques ou les fonctions visuelles. On distingue généralement les procédures d'adressage (identification globale du mot ou du morphème) ou encore des stratégies mixtes. L'apprentissage de la lecture est un phénomène complexe qui révèlent également des troubles de la dysorthographie des troubles psychomoteurs, visuo-spatiaux, attentionnels, etc.

La dyslexie très célèbre dans sa version de l'inversion des lettres dénombre en fait toute une panoplie complexe de dysfonctionnement. Elle ne représenterait pas un trouble distinct mais ferait plutôt partie d'un continuum d'aptitudes à la lecture. Décrit comme une incapacité à mémoriser la forme visuelle des mots, elle est diagnostiquée comme une altération spécifique et significative de la lecture. Elle possède des manifestations et des répercussions diverses qui la font parfois confondre avec du retard mental. À l'inverse, dans le milieu spécialisé, nombreux sont les intervenants qui désignent la dyslexie pour exprimer les symptômes d'inversion et d'omission des lettres la ramenant à la dyslexie visuelle.

Mazeau distingue deux catégories pour les déviances linguistiques en production phonologique, celle qui opère sur le plan lexical et celle qui concerne un plan plutôt syntaxique. Les recherches toujours plus pointues et plus nombreuses font apparaitre une matière toujours plus fine et plus complexe de ces pathologies, les fractionnant, les particularisant ou encore les associant.

La dysphasie

Il existe plusieurs formes de dysphasie qui se caractérisent toutes par la persistance d'un déficit structurel du langage oral qui s'accompagne par comorbidité de troubles d'apprentissage du langage écrit chez un enfant qui a une bonne appétence pour la communication et dont les autres fonctions cognitives se développent normalement (bien qu'un retard psychomoteur et/ou graphique puisse être associé). Les difficultés observées dans les dysphasies portent sur les aspects complexes de la réception et de la compréhension du langage, de la programmation des sons de la langue et de leur production ou encore sur

l'agencement syntaxique des mots au sein d'une phrase. Les différentes formes de dysphasie sont : une agnosie verbale auditive (problème perceptuel sévère : désordre mixte), un déficit syntaxique et phonologique, un déficit lexical/syntaxique, un déficit sémantique/pragmatique, une dyspraxie verbale ou un déficit de production phonologique.

Certains troubles sont toujours présents comme les troubles de langage et les troubles cognitifs. Dans le cas de troubles d'abstraction, l'enfant a des difficultés à dégager les éléments essentiels d'un ensemble pour l'intégration d'un concept abstrait ou de généralisation. On note ainsi une difficulté à appliquer à d'autres situations des notions apprises dans un contexte précis, l'apprentissage demeure lié à ce contexte de première présentation. On distingue alors des difficultés de transfert et d'anticipation : une inaptitude à prévoir les événements et leur conséquence et d'en tenir compte dans leurs actions (l'observation de la vie quotidienne, l'imagination de la fin d'une histoire) et certains troubles de la notion du temps. S'y associent également des difficultés à suivre en un ordre logique les différentes étapes d'une activité, à planifier et à organiser. Ces symptômes sont assez proches de ce que la psychologie cognitive nomme troubles des fonctions exécutives.

Dans le cas de la dysphasie, on note deux catégories de signes : la déviance linguistique et les dissociations intra-linguistiques entre les aspects phonologiques, lexicaux et morpho-syntaxiques. Il est important de distinguer particulièrement les sujets dysphasiques dont le faible niveau de langage est en accord avec le niveau de pensée et de développement, qui présentent un retard intellectuel global se manifestant également dans les performances linguistiques, de ceux dont le niveau de langage est nettement inférieur au niveau de développement mental et qui présentent vraisemblablement un trouble spécifique du langage.

Dyspraxies

Les troubles praxiques sont une difficulté à effectuer des mouvements sur ordre ou de manière volontaire alors que ces mêmes mouvements peuvent être effectués de manière inconsciente aux cours d'activités spontanées ou automatisées. La dyspraxie verbale est, elle, associée à la production articulatoire des sons du langage. La dyspraxie de construction est la reproduction graphique ou concrète au moyen de divers matériaux. La dyspraxie idéomotrice consiste à mimer un geste symbolique ou expressif. Enfin, la dyspraxie vestimentaire se trouve associée à l'habillage.

On trouve également les troubles de la motricité fine et/ou globale, c'est-à-dire des difficultés à exécuter des mouvements fins (découper, écrire etc.) et/ou des mouvements plus grossiers (sauter, marcher, etc.). Ces troubles peuvent engager la parole et manifestent souvent par comorbidité des défauts d'articulation comme des difficultés à réaliser certains sons du langage, de phonation avec des problèmes de voix, de fluidité (avec bégaiement et/ou bredouillement), de résonance comme des voix postérieures, nasillardes ou de prosodie avec une variation dans l'intonation. Certains enfants ont des difficultés d'équilibre.

Le handicap mental

Les Troubles envahissants du développement

Nous nous intéresserons ici particulièrement au handicap mental. Celui-ci est le plus souvent la conséquence d'une déficience intellectuelle qui regroupe les caractéristiques suivantes : retard dans le développement de la communication, difficultés de mémorisation, d'apprentissage de relation social, difficulté à résoudre les problèmes, retard dans le comportement adaptatif ou manque d'inhibition sociale. Il se caractérise par des difficultés

plus ou moins prononcées dans les apprentissages par manque de réflexion, de concentration, de catégorisation, de conceptualisation, de communication, de décision, etc. Ces difficultés nécessitent un accompagnement adapté, humain, permanent et individuel.

Certaines anomalies sont causées par des gènes qui ne sont pas toujours hérités des parents. Les maladies génétiques incluent le neurofibromatose, le syndrome de Klinefelter, le syndrome de l'X fragile, l'hypothyroïdie congénitale, le syndrome de Williams, phénylcétonurie et le syndrome de Prader-Willi. D'autres conditions génétiques incluent le syndrome de délétion, le syndrome de Mowat-Wilson et la ciliopathie génétique. De plus, le handicap mental peut faire suite à développement anormal du fœtus lors de la méiose par exemple (division des cellules). L'alcool et certaines infections comme la rubéole peut donner naissance à un bébé atteint de retard mental.

La personne en situation de handicap mental éprouve des difficultés plus ou moins importantes de réflexion, de conceptualisation, de communication et de décision. Elle ne peut être soignée, mais son handicap peut être compensé par un environnement aménagé et un accompagnement humain, adaptés à son état et à sa situation. Le handicap psychique est, quant à lui, la conséquence d'une maladie mentale. Comme le définit l'Unafam, la personne malade mentale est un individu « qui souffre de troubles d'origines diverses qui entachent son mode de comportement d'une façon momentanée ou durable et inégalement grave ». Le handicap psychique n'affecte pas directement les capacités intellectuelles mais plutôt leur mise en œuvre. Il est associé à des soins, et ses manifestations sont variables dans le temps.

Le syndrome de Prader-Willi, bien connu aujourd'hui serait une maladie génétique sporadique, mais les risques de transmission génétique sont faibles. La maladie est causée par une anomalie sur le chromosome 15. Le gène responsable de ce syndrome n'a toujours pas été identifié avec précision. Ce handicap plutôt rare touche une personne sur 25 000. Il est souvent accompagné par des troubles du comportement et un profil caractériel. Enfin, le Syndrome de Williams est une anomalie génétique causée par un défaut repéré au niveau du chromosome 7, provoquant notamment un retard mental léger et/ou des malformations cardiaques.

La trisomie que nous dénommerons X est un handicap mental lié à une anomalie chromosomique (par la présence d'un chromosome supplémentaire) sur la Xe paire de chromosomes. Elle donne lieu à des retards dans le développement intellectuel mais aussi des malformations physiques qui donne un facies bien reconnu et peut provoquer des troubles du métabolisme. Le niveau de déficience mentale varie d'un individu à l'autre avec des profils généralement léger mais pouvant aller jusqu'à sévère. Cette maladie peut aussi être présente chez certains animaux.

Le syndrome X Fragile est également une maladie génétique héréditaire qui résulte d'un désordre du processus génétique entraînant l'inactivation d'un gène situé à l'extrémité du chromosome X. Ces personnes présentent quelques caractéristiques physiques et comportementales dont les principales sont l'hyperactivité, les troubles de l'attention, la fuite du regard, les colères fréquentes, les sautes d'humeur ou l'anxiété relationnelle. À ceci se trouve souvent associé un handicap mental plus ou moins important. Les personnes présentant un X fragile possèdent en revanche d'autres compétences : une excellente mémoire des événements et des directions, une capacité d'imitation impressionnante concernant le langage et les sons, une empathie remarquable et des intérêts très développés. Le retard mental est très variable et ses origines peuvent être diverses. Dans 30 % des cas, elles restent inconnues.

Déficience et échec scolaire

La loi du 11 février 2005, nous le rappelons, dans son application juridique et civile précise que « constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant ».

Le handicap peut être défini sous l'angle de la médecine par le DSM IV, qui présente les différents marqueurs des pathologies (diagnostic sur l'observation et l'entretien) ou, selon une approche institutionnelle de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S). La classification internationale des handicaps a pour objectif de permettre une description satisfaisante des conséquences des maladies et problèmes de santé connexes. Cette classification permet la description des trois dimensions qui sont mises en évidence par cette classification et qui correspondent également aux composantes du handicap : déficience, incapacité et désavantage. Cette notion de déficience concerne la notion d'intégrité. Elle décrit les altérations existant au niveau des organes ou de leur fonction, qu'elles soient physiques ou psychiques. Le niveau d'incapacité peut être mesuré par l'interaction entre l'individu et l'environnement du travail. L'autisme est défini par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme un trouble du développement dans lequel la communication et les interactions sociales sont gravement perturbées. Toujours selon l'OMS, la personne autiste « manifeste des intérêts restreints et/ou s'adonne à des activités stéréotypées et répétitives. La plupart du temps, ce syndrome est repéré chez des enfants âgés de moins de trois ans. Il se caractérise par une très grande diversité de tableaux cliniques de gravité variable. Face aux formes plus ou moins sévères présentées par ce handicap et devant la diversité des pathologies rencontrées, certains spécialistes préfèrent parler de troubles autistiques ».

L'autisme est un trouble qui se manifeste dès les premières années de la vie, et dont l'intensité du handicap est variable. Celui-ci touche surtout la communication, les interactions sociales et les centres d'intérêts, qui sont limités. Des comportements stéréotypés sont également souvent présents. L'enfant autiste a tendance à être hermétique au monde qui l'entoure et à éviter les relations avec les autres enfants de son âge, ou même avec les adultes, ce qui conduit à d'importantes difficultés relationnelles de l'enfant avec son entourage, familial et social. Malgré une vaste littérature sur le sujet, les recherches ont donné peu de résultats pour améliorer les conditions des sujets. De nombreuses méthodes de prise en charge et d'accompagnement sont sollicitées selon le type d'établissement. Globalement, les méthodes TEACCH, PECS et ABA d'orientation sont les plus répandues et les plus connues.

Eléments clinique

La principale partie des sujets qui nous intéressent ici sont des enfants présentant des troubles mentaux et qui sont souvent classifiés comme enfants « psychotiques ». Ce terme générique est souvent incompris ou mal interprété, la psychose étant une pathologie très complexe qui demande de nombreuses années, même à un médecin-psychiatre afin d'être parfaitement perçu. Pour Lacan, la psychose est une structure et non un processus !

Les éléments cliniques revêtent une certaine importance dans notre étude, mais il est très compliqué de l'intégrer dans notre analyse de données pour de multiples raisons que nous pouvons exposer ici, avant d'avoir présenté quelques points cliniques dont il nous faudrait tenir compte

Tout d'abord l'instabilité. Un repli craintif peut se manifester pour réagir aux sensations angoissantes d'instabilité que peut provoquer l'entrée dans les apprentissages, notamment chez les enfants présentant des pathologies psychique. Cette opposition peut se manifester par un refoulement total ou partiel des apprentissages symboliques du passage dans un monde adulte inenvisageable par sa charge anxiogène. Cette extériorisation inconsciente des enjeux encore incompris de l'apprenant, vient ajouter de la difficulté et fait partie intégrante des éléments à combattre dans la transformation mnésique des informations.

Ensuite, l'impossibilité de définir précisément les facteurs qui sont à la source des syndromes psychotiques, les éléments médicaux ne permettant pas toujours de fournir un diagnostic éclairant. Le médecin-psychiatre seul garant du diagnostic psychique et de l'orientation des accompagnements n'apporte que rarement des éclaircissements sur la question des difficultés d'apprentissages scolaires. Devant la complexité d'une interprétation profonde et profitable de l'anamnèse, l'enseignant se trouve souvent démuni avec les outils qui lui sont proposé pour débloquer ces situations complexes face aux apprentissages.

L'école freudienne

Pour les différentes épreuves de l'apprentissage de la lecture, si nous convoquons l'école freudienne, il nous est impossible de ne pas mentionner les travaux étendus de Bruno Bettelheim sur la question, même si son statut de psychanalyste est souvent soumis à controverse.

Dans son ouvrage « La lecture et l'enfant », Bruno Bettelheim entreprend une sévère critique des ouvrages pédagogiques de son époque, notamment ceux destinés à l'apprentissage de la lecture. Avec une approche profonde de philosophe et de psychanalyste qui le caractérise, il dénonce l'extrême simplification qu'il taxe de réductionnisme de la considération de la lecture et des enjeux internes, viscérale qui se joue au moment de son apprentissage.

Ainsi, il incite à prendre en considération les états de l'apprenant afin de mieux lire (et là c'est souvent l'enseignant qui est pris en défaut de lecture) les angoisses, les émotions, et les traumatismes qui peuvent envelopper l'enfant et le mener à une incapacité de performer dans ce domaine. Pour ne citer ici que les travaux de sa thèse de psychologie pédagogique où, précurseur en la matière, il étudie les raisons psychologiques pour lesquelles certains enfants sont en échec face à la lecture y compris lorsqu'ils ne présentent pas de troubles spécifiques.

Au-delà de la charge virulente qui est faite des manuels de lecture et de l'histoire des sciences de l'éducation et de ce que le système éducatif américain de l'époque propose comme support de lecture pour des raisons vides de sens le plus souvent selon lui. Il développe une approche de l'apprentissage de la lecture qui se base sur le sens des mots proposes à l'enfant et les réactions émotionnelles et psychologiques qu'ils induisent. Tout se passe comme si l'enfant avait une intuition du sens profond et qu'il résolvait le problème en commettant une faute. Cette faute interviendrait alors comme une réparation ou une composition face à l'angoisse suscitée par la lecture du mot. Il cite en exemple : tiger / tigger, (Bettelheim, 1983).

La question de résolution et de dépassement de l'erreur est centrale dans les derniers travaux de Neuro-éducation, Bettelheim y ajoute, de manière anachronique, une dimension psychique Les mots ont une résonnance dans notre inconscient parce que l'inconscient du lecteur est présent au moment de la lecture et dans l'acte de lecture.

L’apprentissage de la lecture chez les enfants sourds

Surdité et lecture

L’acquisition de la lecture dans une orthographe alphabétique suppose la maîtrise des correspondances graphophonologiques. Ce processus repose sur et développe la conscience phonologique, la conscience que les mots de la langue sont formés de « molécules » : les phonèmes. Le cas de l’enfant sourd est intéressant à considérer, parce que la déficience sensorielle constitue un obstacle pour l’acquisition de bonne qualité des habiletés de conversion graphophonologiques et de la conscience phonologique.

La lecture labiale produit des informations qui permettent de fabriquer des représentations mentales. Cet élément articulatoire visible et non audible fait partie intégrante de la production de la parole, qui est multimodale. Certains sourds croient que les mots « train » et « pieds » riment. Cette confusion provient du fait que la prononciation labiale de ces deux mots est très proche. Les sourds auraient-ils une phonologie mentale ? Conrad montre que les sourds confondent plus facilement les mots à consonance phonologique proche. Le bébé entendant établit une relation entre les informations auditives et visuelles. Grâce à Burnham et Dodd (1998), on sait qu’ils possèdent la capacité de traiter les données sur le plan audiovisuel et pas uniquement auditif. Les outils nécessaires à l’acquisition du langage sont donc précoces et sont présents dès la petite enfance. L'enfant sourd dispose donc de la moitié des informations nécessaires pour construire son système linguistique. Toutefois, le bébé sourd va réagir dans sa maturation comme l'enfant entendant : il va d'abord bouger les mains, formuler quelques mots puis évoluer avec les mêmes contraintes d'évolution de langue, avec une explosion du lexique connu montrant que, malgré son handicap, une compensation se créé.

Saussure a démontré le caractère arbitraire de la correspondance entre l'orthographe et la sémantique ; en revanche, celui de la phonologie et de l'orthographe est motivé et systématique. La difficulté des sujets sourds est de construire un système qui motive et « représente » un système arbitraire. Un système morphologique est plus plausible. Des niveaux de compétence élevée en lecture peuvent être obtenus par des sujets sourds. La manière dont ils traitent la langue écrite varie quelque peu de celle de lecteurs-entendant. Il peut y avoir une lecture par reconnaissance globale du mot. Des études ont montré qu'il n'y avait pas de différence en chronométrie cognitive chez les entendants pour la reconnaissance des mots ayant une forme globale spécifique. Cela peut venir des systèmes multiples qui sont en compétition pour ces lecteurs et peuvent créer un effet de masque. Ils prennent plus d'informations visuelles dans une fixation que ne le font les lecteurs entendant.

Ces expériences peuvent déterminer quels types de consciences « phonémiques » émergent chez les sourds qui maîtrisent la lecture. Ce substrat pourra faire avancer la recherche dans ce domaine, les stratégies de substitution pourraient être le point d'éclairage sur les stratégies cognitives en place. On peut imaginer une rééducation à partir de ce qui pourrait être perçu comme la lecture « articulatoire ».

Absence de représentations phonologiques

La lecture et l'écriture sont fortement liées à la mémorisation et aux habiletés de segmentation de la parole chez l'enfant entendant. La capacité d'utiliser une parole intérieure semble être la variable-clé rendant compte des relations étroites entre ces trois habiletés. L'idée selon laquelle la parole intérieure peut se développer en l'absence d'informations auditives n'est pas neuve. La lecture labiale seule n'aurait pas les mêmes caractéristiques qu'une parole interne basée sur la structure phonologique complète de la langue orale.

Les représentations mentales sont des entités psychologiques qui peuvent être manipulées en absence des données sensorielles à partir desquelles elles ont été élaborées. La notion de représentation phonologique appliquée au cas de la personne sourde peut paraître surprenante tant est forte l'idée que la phonologie est une notion strictement associée à celle de l'audition. Il y a des bases empiriques solides pour affirmer que les représentations phonologiques revêtent un caractère abstrait. Elles se situent au-dessus des informations sensorielles concrètes qui constitue la base, qu'elles soient auditives, visuelles, motrices ou kinesthésiques.

La représentation phonologique d'un mot constitue une séquence d'unités abstraites qui le distingue d'autres mots de la langue. Des informations purement visuelles ne permettent cependant pas de distinguer *beau* et *peau*. Des indices supplémentaires devront participer à l'élaboration de la représentation phonologique stockée en mémoire. Celle-ci permet d'expliquer que, malgré une déficience auditive profonde, certains enfants sourds possèdent et utilisent effectivement des représentations phonologiques de la langue. On peut penser que le cerveau va accentuer des différences fines qui désignent des mots tels que *beau* et *peau* et être moins clivant sur des signes plus éloignés phonétiquement et plus proche sémantiquement.

Les interactions audio-visuelles se produisent à un niveau relativement précoce du processus de perception, et elles surgissent parce que les formes auditives et visuelles de la parole partagent une structure commune de traitement (Summerfield, 1987, 1991 ; Green, 1998). Les phénomènes d'interaction audio-visuelle ont donc conduit les théoriciens à l'idée selon laquelle la matière première de la perception de la parole n'est ni purement auditive ni purement visuelle mais serait la somme de la sémiotique audio-visuelle. La nature précise des mécanismes de perception de la parole reste, quant à elle, encore floue.

Les processus d'audition en question

Dans la perspective d'un modèle de représentations lexicales distribuées, on peut se demander dans quelle mesure les réseaux de l'audition n'interviennent pas dans le stockage du lexique et donc la reconnaissance des mots écrits. Aussi, comment la reconnaissance des mots chez les sourds, qui peuvent justifier ces saccades particulières, s'opère-telle ? « Les processus d'intégration nécessitent de recourir à un stockage provisoire des informations. Le codage phonologique correspondrait alors à une stratégie de maintien des informations en mémoire durant le temps nécessaire à leur traitement. Rien n'empêche alors d'envisager, comme nous l'avons déjà fait, qu'un double accès soit possible, et de manière éventuellement parallèle : l'accès lexical au sens strict peut être réalisé par accès direct ; les traitements syntaxiques et l'intégration sémantique bénéficient du recours aux représentations phonologiques. » (Daniel Gaonac'h, Caroline Golder, 2015). Selon ce principe en multipliant les approches, telles que la méthode Borel-Maisonny ou la méthode LPC, donneront plus de facilité pour l'automatisation du déchiffrage.

Dans la phase initiale d'apprentissage du langage oral, les enfants produisent d'abord dans leurs « babillages » les sons présentant des traits distinctifs visibles comme les phonèmes, bilabiales, labiodentales etc… (f, v, p, b, m). En revanche, les enfants aveugles, au cours de la seconde année de leur vie, produisent, autant de phonèmes présentant des traits visibles que des phonèmes qui n'en présentent pas (m, t, g, k, n). Ainsi, ils font également des erreurs rarement observées dans la parole des enfants voyants, telles que des confusions entre /m/ et /n/, et des substitutions entre /q/ et /f/. Cependant, « ces productions déviantes, qui reflètent le manque d'informations visuelles, disparaissent généralement durant la troisième année (Mills, 1987). Ces observations suggèrent que la lecture labiale joue un rôle au début du développement du système phonologique, probablement parce que l'enfant apprend à parler

en essayant d'imiter les mouvements des organes articulateurs visibles » (Dodd, 1987). Toutefois, force est de constater que le développement phonologique de l'enfant aveugle retrouve une normale sur le long terme. Ce qui permet de conclure que la « lecture labiale n'est pas indispensable à l'acquisition des contrastes phonologiques de la langue. La limite principale de la lecture labiale provient du fait que la plupart des différences acoustiques entre consonnes sont générées à partir de mouvements bucco-phonatoires » (Morford, Wilkinson, Villwock, Piñar et Krol, 2010)

Les compétences phonologiques nécessaires à la lecture chez les sourds ne seraient non pas auditives mais plutôt visuelles via des techniques, telles que la lecture labiale ou des aides visuelles associées. La langue des signes induirait plutôt un support de type logographique, associant une représentation mentale des signes à un support écrit. L'apprentissage de la lecture est de ce fait réduit à la mémorisation exacte d'un certain nombre de mots écrits et leur correspondance signée, sans possibilité de générativité due au fait que le mot est directement lié, car il n'y a pas de passage par la phonologie. Le modèle de Baddeley de mémoire à court terme peut être transposé au langage des signes mais cela soulève de nombreux points qui restent énigmatiques ou contradictoires.

Au-delà du déchiffrage, ce n'est que la mise en relation de la forme orthographique et du sens qui permet la création d'une représentation complète du mot. Ainsi, si le sens est transmis en signes, la mise en relation du mot écrit et de son sens est alors possible. Chez le sourd, la « translation » consiste donc à passer d'un système motivé, mécanique (la langue des signes) à un système arbitraire (le système orthographique strict). L'entendant, dans sa référence à la langue orale peut s'appuyer sur un mode génératif en utilisant les phonèmes et les morphèmes. On peut donc faire l'hypothèse que les sourds s'appuient, eux, sur les morphèmes sous leurs formes écrites comme moyen mnémotechnique pour construire leur lexique.

Selon Alfred Tomatis : « La communication sonore est le premier et le plus important contact que la mère entretient avec l'enfant qui se trouve encore en elle». Aussi, l'enfant sourd développe-t-il une acuité dans d'autres sens qui lui permettent de compenser ce manque. « Une courbe d'audition autorise donc de multiples prédictions quant à la façon dont le sujet s'exprime vocalement. Inversement, la voix traduit et trahit - en raison de l'existence d'une auto écoute - le fonctionnement de l'oreille » (Tomatis, 1990, p.197), ce qui montre que le fonctionnement de l'oreille est directement lié aux performances de la parole et par ce biais de la lecture.

Evaluation psychométrique des sujets

La psychométrie

Chronologie en psychométrie

Wundt créa en 1879, à Leipzig, le premier laboratoire de psychologie expérimentale, avec la volonté d'objectiver la réalité psychique de l'individu, par la mesure des processus cognitifs élémentaires, perceptifs et moteurs. L'associationnisme en vogue avançait l'hypothèse selon laquelle les processus élémentaires expliqueraient des processus supérieurs tels que la mémoire ou l'intelligence. C'est ce que viennent postuler, après une période de tâtonnement, Raymond Bernard Cattell (1905-1998) et Francis Galton (1822-1911), fondateur de l'école biométrique puis eugénique avec Karl Pearson, cousin de Darwin et Alfred Binet (1857-1911), élève de Charcot, qui propose l'étude de ces processus supérieurs par la mesures des aspects complexes (1905). Après avoir œuvré avec Simon, dans un premier temps, il

établit une méthode, à savoir « l'échelle métrique de l'intelligence », qui sert de référence pour dépister les enfants déficients intellectuellement : raisonnement, langage, mémoire et vocabulaire. Des sous-tests sont ensuite mis au point pour explorer ces domaines et créer l'échelle de Binet-Simon, qui mesure l'âge mental.

Goddard crée le premier test de performance non-verbale qui deviendra, dans les années 1950, le W.I.S.C. Feuerstein, psychologue et pédagogue établit douze critères définissant la médiation et, s'inspirant de Vigotsky, élabore le LPDA (Learning Potential Assessment Device) expérience d'apprentissage médiatisée qui deviendra son système d'évaluation dynamique d'apprentissage, puis le programme d'enrichissement instrumental (PEI, les 14 cahiers d'exercices). Aux antipodes des idées philosophiques sur la question, la psychologie prend donc le raccourci d'une hiérarchisation de l'intelligence. Le modèle de Catell-Horn mesure : le raisonnement fluide (Spearman), la connaissance cristallisée[17] *(ibid.*, p.84), la mémoire à court terme, les aptitudes perceptives, les aptitudes auditives, la mémoire à long terme, la vitesse de traitement cognitive, la vitesse de décision et la connaissance quantitative (Jumel & Savournin, 2007).

Vigotsky (1896-1934) introduit le concept de Zone proximale de développement (ZPD), en adéquation avec le concept de modifiabilité cognitive. Son « potentiel d'apprentissage », affranchi de l'existant culturel du sujet évalué, permet l'établissement d'un programme de remédiation cognitive. Récemment, une structure hiérarchique de l'intelligence à trois niveaux est proposée par Jumel (2008). Les mesures doivent être doubles, intra-individuelles (l'élève par rapport à lui-même) et interindividuelle (les élèves entre eux ou par rapport à un résultat de référence).

Feuerstein, psychologue et pédagogue, qui a travaillé en collaboration avec Piaget, s'oppose définitivement au déterminisme biologique et à l'idée d'irréversibilité du développement pour lui ajouter la modifiabilité et s'ouvrir à l'ontogénie biologique et à l'ontogénie socio-culturelle. Il établit douze critères définissant la médiation et élabore le LPDA (Learning Potential Assessment Device), qui constitue son système d'évaluation du potentiel d'apprentissage. Pour lui, le médiateur est la « personne » qui s'interpose entre le sujet et le monde afin que cette dernière structure, réorganise et redirige les stimuli pour les recentrer sur un apprentissage ciblé.

Cette « théorie du changement » apporte deux pratiques qui sont l'évaluation dynamique d'apprentissage, que nous décrirons dans le second chapitre, et le programme d'enrichissement instrumental (PEI, les 14 cahiers d'exercices). En sortant des idées philosophiques sur la question, la psychologie prend donc le raccourci d'une hiérarchisation de l'intelligence. Sans en donner une définition précise, elle éclate le concept pour déterminer des « intelligences » différenciées. Feuerstein, cherchant à être utile à la pédagogie s'inspire de Vygotsky pour créer le LPAD, expérience d'apprentissage médiatisée. Selon lui, le déficit cognitif résulte d'un manque de MLE ; il propose la remédiation par tâche du LPAD.

Quelles populations pour quels tests ?

Les troubles les plus courants de la population étudiée sont : la déficience mentale, les troubles de l'attention, les troubles de la concentration, la dyspraxie, la dyslexie, la dysphasie, le trouble du développement et des fonctions instrumentales et le trouble du développement

[17] L'Intelligence cristallisée dépendrait de la culture, de la pratique scolaire, des apprentissages intentionnels et des habitudes, de l'expérience.

psychologique. Afin de définir des diagnostics, on utilise généralement la classification française de troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent CFTMEA R-2000, le chapitre V de la classification internationale des maladies de l'Organisation Mondiale de la Santé, 10ème révision (Chap.V de la CIM 10), le Manuel Diagnostique et statistique des troubles mentaux. (DSM V) et la classification de l'APA : American Psychiatric Association.

Les écarts entre les différentes définitions au sein de ces manuels-références montrent bien les difficultés pour l'établissement des diagnostics. L'appréciation des troubles doit prendre en compte les éléments étiologiques possibles, intégrant les éléments anamnestiques. Il est donc fort compliqué de créer les groupes distincts et équilibrés dont nous avons besoin pour notre expérience au sein de la population d'IME. Très éloigné de la fort explicite topologie mathématique des espaces vectoriels normés, la catégorisation des pathologies et des différents troubles qui l'accompagnent dépend des analyses cliniques qui restent encore partiales qui se perpétuent sur le terrain. Les phénomènes de vicariance (Gérard, 2011) et de compensation finissent d'enfermer dans des eaux troubles les espoirs d'une classification assez pertinente pour supporter la rigueur scientifique nécessaire à notre étude.

Les variables orectiques sont des « variables non cognitives intervenant dans l'apprentissage » (De Landsheere, 1992, p. 39). Dans notre étude, elles correspondent aux traits de personnalités et éventuellement aux différentes humeurs qui peuvent pénétrer le sujet. La plupart des sujets de notre groupe test sont des enfants qui sont sous traitement. Ces derniers, pour la plupart, ont une action sur le cerveau et peuvent donc influencer les stimulations, surtout s'ils sont récents ou viennent d'être réajustés. Aussi, des études montrent-elles que « la prise en compte de facteurs cognitifs et conatifs dans la réussite scolaire permettrait d'enrichir les modèles » de ces apprentissages.

En effet, les travaux de Kossowska et Necka (1994) montrent que la détermination de stratégies de lecture vers les modèles et la lecture globale ou analytique peut être reliée aux traits de caractère des sujets plutôt intraverti ou extraverti. « Troubles spécifiques des apprentissages : incapacités à penser, lire, écrire, entendre, orthographier calculer… indépendamment des sources de handicap sensorimoteurs, le retard mental, le trouble émotionnel ou les difficultés environnementales et socio-économique » (Gérard, 2011).

L'extension de la neuropsychologie à certains cas de retard mental a permis d'éclairer les dysfonctionnements de certaines fonctions sociales, langagières et visuo-praxiques, notamment dans le syndrome de Williams et de Turner. Dans la population d'IME, tous les aspects du langage semblent être touchés : phonétique, lexical, sémantique, morphosyntaxique pragmatique, discursif et logique (Rondal, 2009).

Les tests :

Histoire des tests sur la lecture

Il existe un grand nombre de tests qui mesurent les capacités cognitives de tous ordres. Certains ciblent l'état général et sont souvent distingués par les tests dits d'« intelligence », d'autres sont plus ciblés et cherchent à déterminer une compétence spécifique ou un champ de compétences. Il est plutôt rare qu'une compétence puisse être totalement isolée et mesurée par ces tests.

En France, la disponibilité en test est assez pauvre. Les éditions qui diffusent les tests en France sont principalement EAP et ECPA. Dernièrement Eurotest, Hogreffe ou OPP proposent également des tests sous différents formats. La procédure est systématique et immuable : l'utilisateur achète des crédits de passation, soit sur support informatique soit sur supports papier, où les crédits lui donneront accès aux modalités d'évaluation ou à l'évaluation intégrale des items par le distributeur. Lesdites évaluations s'opèrent par des calculs de corrélations entre les items et des algorithmes internes en fonction des résultats. Nous présentons ici les tests les plus usités qui intéressent le domaine concerné. La majorité de nos sources proviennent de recherches sur Internet et d'ouvrages de psychologie dont le plus synthétique et le plus exhaustif est celui de Catherine Tourette.

Les inventaires piagétiens étaient constitués de 232 fiches (accompagnées de livrets), dont chacune est consacrée à une expérience (situation-problème) particulière. Ils sont la base de nombreux tests. En France, on utilise principalement les batteries NV5, NV7 et DAT5. Les batteries DAT (Differential Aptitude Tests) ont été adaptées en France par ECPA en 2000.

Inventaire des tests sur la lecture

Cette liste n'est pas exhaustive mais qui reprend l'ensemble des tests de lecture ou qui se rattache de près ou de loin aux compétences essentielles au développement de cette dernière. Nous pouvons citer le LMC-R, BLI, (Épreuve d'évaluation de la compétence en lecture révisée, Khomsi (1999) ou l'ECPA (trois épreuves portant sur la vitesse et l'automatisation de la lecture, sur la qualité de l'identification du mot et sur la compréhension globale des textes. Le Bilan de lecture informatisé (BLI, Khomsi, 2002 ECPA) est une version enrichie et réétalonnée de l'épreuve précédente (LMC-R). On peut également citer le TPP5/6, tests de prérequis aux apprentissages de la lecture de l'orthographe et de la mathématique, Simonart (2008) « test de compréhension écrite » adapté d'un test standardisé et étalonné (INETOP, 1981). Il est composé de quatre textes courts et de six questions sur chaque texte chacune notée sur deux points.

Le BSEDS, le BALE et l'ODEDYS sont respectivement le Bilan de Santé Evaluation du Développement pour la Scolarité (2003), une Batterie Analytique du Langage (2002) et un Outil de Dépistage de Dyslexies (2005), issu d'un travail de recherche pluridisciplinaire d'orientation neuropsychologique (laboratoire Cogni-sciences de Grenoble). Le TEA-Ch, Test of Everyday Attention for Children, 2006 (ECPA) évalue trois modèles de l'attention par référence à un modèle trifactoriel, en mesurant l'attention soutenue, l'attention sélective et le contrôle attentionnel.

Le test RBTM permet d'explorer la mémoire des enfants dans la vie quotidienne, en particulier ceux qui présentent des difficultés neuro-développementales (attention, langage, troubles neurologiques) et propose des pistes de remédiation.

Le WISC, référence dans le domaine, possède de nombreuses version et modules complémentaires et travaille la compréhension verbale, l'organisation perceptive et la vitesse de traitement. La question de l'adaptation sociale est également posée dans le WISC IV. Le K-ABC propose d'aborder l'évaluation de l'intelligence en se basant sur les travaux de la psychologie cognitive et de la neuropsychologie. NEPSY procure des exemples de trouble de la lecture par déficit de traitement des informations ou par un déficit primaire dans le traitement phonologique ou encore par un ralentissement dans la vitesse de traitement des informations acoustiques ou visuelles.

Existent également le TEDE, Test d'Evaluation Dynamique de l'Educabilité ; Pour les syndromes TSALE : (Troubles Spécifiques de l'Apprentissage de la Lecture et de l'Ecriture) ou TSALE dysphonétique, le test Cattell cible la compréhension grammaticale, il mesure le lexique et la compréhension des correspondances syntaxiques. Pour les épreuves phonologiques, nous pouvons nous appuyer sur les tests de Siegel et Ryan (1989) ainsi que le Counting Span de Case (1985). Le logiciel SAMUEL est un test de construction de forme. On a également l'IMT (Indice de Mémoire de Travail) dépendant du milieu social et culturel ainsi que du niveau de langage. L'EDEI (Echelles Différentielles d'Efficience Intellectuelle) avec une passation possible pour les enfants sourds, est une évaluation des rapports entre le langage et la pensée. Les résultats obtenus dans les EDEI proposent trois groupes distincts à profil pathologiques différents : déficients légers et dysharmoniques névrotique, psychose déficitaire et dysharmonique psychotique (Gérard, 2011).

Les évaluations peuvent viser principalement le vocabulaire ou les connaissances globales. Il existe deux épreuves selon l'âge : la dénomination d'image pour les 4-5 ans et la définition de mots pour les 5-9 ans. Pour la compréhension sociale : évaluation de la connaissance et compréhension qu'a l'enfant de la réalité sociale et des relations interpersonnelles. Pour la conceptualisation : épreuves qui évaluent la capacité à élaborer et à conceptualiser à partir d'un support verbal. Pour la classification : épreuves proposées selon l'âge. Pour l'analyse catégorielle soit la capacité à constituer des groupements d'objets suivant différents caractères communs. Pour l'adaptation pratique, épreuves d'intelligence pratique et de démarche globale d'adaptation à un but.

La mémoire de travail

Son fonctionnement

Selon le modèle de Baddeley la mémoire de travail est divisée en trois parties : un administrateur central ou centre exécutif, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. Dans la littérature cognitive, les travaux de Baddeley sur la mémoire demeurent une référence. Celui-ci est surtout le premier à avoir proposé un modèle complet avec différents types de mémoires. Celles-ci s'expliquent par la quantité de ressources cognitive ou d'énergie cérébrales qu'il est possible de solliciter sur les différentes aires corticales. En outre, on voit que l'ensemble des domaines qui nous intéressent (attention, visuo-spatial, vitesse d'exécution) sont de près ou de loin liés à la mémoire, voire plus spécifiquement à l'activité de l'hippocampe, siège de la mémoire et de la représentation spatiale.

Dans la mémoire de travail, le rôle d'organisateur de cet aspect primordial du développement semble dévolu aux fonctions exécutives. Ce point a été mis en valeur par des modèles du développement, tels que celui de Case (1992), qui rend compte de la progression non linéaire mais cyclique des fonctions exécutives, attribuant au lobe frontal un rôle dans la restructuration des instruments cognitifs au cours d'au moins deux cycles : celui qui accompagne l'émergence du langage et de la pensée symbolique et celui qui, avec l'accès aux opérations concrètes, accompagne le développement d'une logique opératoire.

La mémoire de travail en lecture

L'apprentissage de la lecture et les compétences de déchiffrage sont principalement déterminés par les épiphénomènes de la mémoire de travail. Son évaluation est donc fondamentale pour notre étude ? N'est-ce pas, finalement, la fixation de stimuli dans la mémoire qui constitue une acquisition ? En réalité, la question est un peu plus compliquée, car

la logique et le raisonnement, qui sont également des apprentissages, représentent davantage que le simple cumul d'évènements mémorisés et viennent souvent intervenir sur un grand nombre de zones corticales, y compris celles qui ne sont pas exclusivement dédiées à la mémorisation. « Des mécanismes de correspondance phonologiques orthographique procèdent à l'appariement du mot écrit avec sa représentation orthographiques stockée en mémoire, puis à la récupération des codes phonologique et sémantique correspondants. Ces mécanismes apparaissent à différents moments de l'apprentissage de lecture » (Grégoire et Piérart, 1994 ; Rieben, 1991, 1995). « Après une utilisation possible de stratégies dites « logographique », l'apprenti lecteur commence à utiliser le décodage phonologique pour déchiffrer les mots auparavant inconnus. Il ne peut utiliser que plus tard les mécanismes orthographiques.» (Lautrey, 1999).

Certains modèles de mémoire de travail vont intégrer l'inhibition dans leurs structures. Conway et Engle, par exemple, proposent un modèle de la mémoire de travail et de ses dispositions comme un système de ressources attentionnelles sollicitées conjointement et isolément, notamment pour garantir une fonction d'inhibition des informations non pertinentes (Richardson, Engle, Hasher, Logie, Stoltzfus and Zacks, 1996). Ils montrent, après une étude sur des sujets à faible empan de mémoire, confrontés à des sujets à empan de mémoire élevée, que les compétences divergent de manière notable sur un certain nombre de tâches attentionnelles. Ils considèrent notamment que les sujets à empan faible montrent des contre-performances qui trahissent des processus d'inhibition inefficients.

La compréhension du langage écrit serait en effet liée à l'inhibition. Certains travaux universitaires ont travaillé ces thèmes chez les enfants dans leurs phases d'apprentissages (Deigneuric, 1998). Ces différences de compréhension du langage, déterminées par la mémoire de travail, ont été distinguées chez l'adulte et directement mis en relation avec l'efficience du processus de suppression. Gernsbacher et Faust (1994) qui proposent de décrire le mécanisme de suppression comme un mécanisme attentionnel. La capacité de mémoire correspondrait donc à un ensemble de ressource attentionnelles assurant une fonction d'inhibition dans la compréhension. (Chartier & Loarer, 2008).

Les mesures en considérations et tests choisis

L'attention

L'attention peut être sélective, soutenue ou partagée et impliquer les fonctions visuelles ou auditives. La prise en charge diffère selon le déficit et le mode. Pour évaluer l'attention soutenue (maintien de l'attention), on utilise un test de barrage qui consiste à observer l'évolution de la performance pendant la durée de l'épreuve en plus de la vitesse et de la précision. Quels sont les types de fautes ? Pour évaluer l'attention sélective (focalisation sur une cible en inhibant d'autres stimuli) on peut utiliser des épreuves de barrage (des « 3 » dans la BREV, des cloches dans la BSEDS), ou par les épreuves d'appariement d'images (AI), le test de Stroop (pour lequel il faut inhiber des automatiques). Pour évaluer l'attention divisée (partage des ressources attentionnelles entre différentes tâches), on peut utiliser le test du double barrage de Zazzo (Tourette, 2014, p.524).

On peut donc classifier plusieurs types de fonctions attentionnelles. L'attention « focalisée » correspond à la capacité à rechercher dans un matériel complexe les informations dont on a besoin. L'attention « soutenue » permet, en dépit d'une tâche assez ennuyeuse et répétitive, de conserver une certaine vigilance. L'attention « divisée » calcule le

potentiel individuel à utiliser simultanément les informations auditives (musicales, langagières) et les informations visuelles (un tracé, un mouvement).

Selon la classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent (CFTMEA), l'hyperkinésie avec troubles de l'attention, classée parmi les troubles des conduites et des comportements, est caractérisée « sur le versant psychique par des difficultés à fixer l'attention, un manque de constance dans les activités qui exigent une participation cognitive, une tendance à une activité désorganisée, non-coordonnée et excessive, et un certain degré d'impulsivité, sur le plan moteur avec une agitation motrice incessante ». En revanche, l'enfant inattentif peut sembler ne pas écouter, y compris lorsqu'on lui adresse directement les consignes. Il a tendance à ne pas obéir aux consignes ou à se distraire facilement. Il lui est quasiment impossible d'arranger ses travaux en différentes étapes et d'organiser ses activités. Il rechigne ou exécute à contrecœur les tâches complexes qui exigent un effort mental soutenu. Il aime courir et sauter dans les situations inappropriées. Il précipite ses réponses sans attendre la fin de la question, et il lui est impossible d'attendre son tour.

Dans le modèle de Baddeley vu précédemment, l'attention est assurée par l'administrateur central « amodal ». Il est pourvu de ressources limitées, aidé par des systèmes esclaves garants du maintien temporaire d'informations. Ces sous-composants du système fractionnent les différentes ressources de traitement (contrôle, planification, sélectivité et autres fonctions exécutives) ainsi que les différentes intensités nécessaires. Selon Baddeley, le modèle de AC, proposé par Norman et Shallice (1986), permet de comprendre le fonctionnement de l'AC, le SAS Modèle de contrôle de l'attention de Norman et Shallice (1980). Ainsi, l'AC est conçu comme un système attentionnel qui permet la coordination des opérations de ces sous-systèmes spécialisés, de gérer le passage des informations entre ces sous-systèmes et la mémoire à long terme et, dans certains cas, de prononcer par sélection stratégique les actions les plus efficaces et de les effectuer.

La compétence visuo-spatiale

Concernant les difficultés d'identification des lettres et du traitement de leurs positions dans les mots ainsi que la représentation mentale de leur caractéristique visuelle, l'acuité visuelle est mesurée à l'aide d'échelles d'optotypes comme celles d'Armaignac, de Bonardel ou de Landolt. «On a montré chez l'animal l'aptitude par l'entraînement à augmenter les capacités spatio-temporelle du traitement auditif. Tallal soutenait l'idée qu'à l'origine des troubles du développement du langage oral (SLI pour Speech and Language Impairment), il y avait des limitations dans la capacité d'identifier certains traits phonétiques (hypothèse du déficit de traitement temporel), ce trouble touchant précocement les apprentissage de certaines dimensions linguistiques et syntaxiques» (Chartier & Loarer, 2008).

Le calepin visuo-spatial est indispensable à la lecture, car il est responsable du stockage à court terme de l'information visuo-spatiale. Il est impliqué dans la génération et la manipulation des images mentales, son fonctionnement reposerait aussi sur un système de stockage visuel passif et une procédure de récapitulation spatiale (Baddeley, 1983). Il rassemble deux aspects (Logie, 1986) : une composante visuelle testée par des grilles (test de Wilson sur les tâches visuo-spatiales simultanées) et une composante spatio-motrice codant des séquences de mouvement dans l'espace (blocs de Corsi). Les catégorisations se font également par regroupement spatio-temporel.

Pour les épreuves visuo-spatiales qui s'intéressent particulièrement aux compétences mises en œuvre lors du déchiffrage, nous pouvons utiliser le test de « M. Cacahuète » et l'épreuve de « M. Toile », Oakhill, Yuill et Parkin (1986). Les fonctions non verbales et

exécutives engageant l'attention visuelle, le raisonnement visuo-spatial est évaluable sur NEPSY. « Le traitement visuo-spatial est une fonction mentale impliquée dans la distinction par la vue, de la position relative des objets dans l'environnement ou par rapport à soi. Cette fonction très complexe repose sur un contrôle oculomoteur élaboré ainsi que des capacités visuo-attentionnelles et spatiales. Elle est essentielle pour faire la synthèse d'éléments en un tout signifiant, discriminer les objets et analyser leurs positions relatives, évaluer l'orientation de lignes et effectuer des rotations mentales » (Benois & Jover, 2006). Elle est évidemment essentielle pour orienter les mouvements et la saisie d'objet.

L'approche neuropsychologique instruit les étapes du traitement qui engagent le système oculaire mais aussi les voies et les aires corticales impliquées. Le système oculomoteur oriente le regard sur une cible « par trois systèmes saccadiques, de poursuite et de vergence et doit être considéré comme un système intelligent hautement prédictif, capable de travailler selon un mode top-down, c'est-à-dire à partir de modèles internes ou même d'informations symboliques de niveau supérieur » (Crommelinck & Guitton, 1994, p. 660). « Le traitement des informations visuo-spatiales serait essentiellement localisé dans les régions pariétales postérieures du cortex cérébrales droit. Toutefois dans de nombreuses tâches, les faisceaux ventral et dorsal sont interconnectés, et d'autres régions corticales, notamment préfrontales, sont engagées dans la manipulation de ces informations » (Benois & Jover). Dans certains troubles visuo-spatiaux, ce n'est pas l'acuité visuelle qui est incriminée mais plutôt un déficit de la transmission des informations visuelles rapides et peu contrastées de la rétine au cortex visuel, notamment lorsque la persistance trop longue de l'image manque de sensibilité au contraste pour les stimuli visuels rapides.

Vitesse d'exécution

La vitesse d'exécution ou IVT, rapidité dans le traitement des informations, semble jouer un rôle majeur dans les apprentissages. Elle influerait également sur l'attention et la concentration ainsi que sur la mémoire de travail. On traite parfois d'un concept proche d'IRP, Indice de raisonnement perceptif. Il a été mis en évidence certaines relations entre la vitesse d'exécution et l'habilité intellectuelle, notamment avec les travaux de Kail et Salthouse, qui ont étudié différents groupes d'âge, et Jensen, qui a plutôt travaillé avec des groupes de cultures différentes (Neubauer (1993) et Juhel (1994).

Une exécution mentale rapide permet de traiter davantage d'informations et de libérer ainsi rapidement les aires cognitives sinon une saturation peut survenir, les éléments à traiter s'accumulant dans la mémoire. On comprend ainsi qu'il est difficile de distinguer des déficiences cognitives, qui auraient leurs sources dans des vitesses de traitements insuffisantes, de celles qui proviendraient d'un défaut ou d'une carence de mémoire. Des batteries de tests chronométrés sont déjà utilisées pour ces mesures mais font souvent intervenir l'écriture, la parole ou le geste, qui biaisent inéluctablement les résultats. Les deux paradigmes qui semblent les plus aptes à l'évaluation des vitesses de traitement sont les temps de réaction et les temps d'inspection dans les tests de résolution de problème notamment (Kirby & Nettelbeck 1989).

Toutes ces théories doivent toutefois être relativisées. On voit qu'elles ne traitent que difficilement des capacités qui cherchent à être mesurée mais peuvent être un indice pour la pratique des tests et des évaluations de compétences cognitives. Il est aujourd'hui difficile de dire si la vitesse de traitement intervient sur le quotient intellectuel et donc dans le handicap mental.

Utilisation des tests psychométriques

Critique des tests pour la catégorisation

Les tests restent des outils à la disposition du psychologue, des sources de renseignements et livrent rarement une évaluation précise et univoque. L'approche psychométrique classique ne permet pas d'appréhender le potentiel évolutif de la personne ni d'orienter la remédiation, donnant une perception fragmentée du sujet en dehors de son contexte habituel de vie.

Les différents tests explorés ne s'adaptent pas toujours aux sujets du milieu spécialisé afin d'en révéler les aptitudes et insuffisances (pour les enfants autistes avec PEP ou BECS, par exemple). Ils sont souvent critiqués en raison d'insuffisance à l'appréhension du potentiel évolutif des sujets (compétences émergentes, potentiel d'apprentissage) et de l'identification aléatoire des priorités éducatives, orientations cliniques, thérapeutiques et pédagogiques, afin de déterminer un processus de remédiation. « En attendant le développement nécessaire d'épreuves spécifiques, quelque peu oblitéré par les exigences commerciales des maisons d'édition, on ne peut que se résoudre à utiliser les épreuves classiques en les adaptant à l'enfant et en sachant les limitations que cette adaptation génère » (Chartier & Loarer, 2008).

La finalité serait de localiser structurellement la déficience à l'origine du processus de retard mental et de permettre un registre de prise en charge et d'intervention auprès du sujet. Cibler les carences est insuffisant et ne permet pas ce dessein. Le principe de fidélité ou stabilité temporelle par test/retest reste friable, et l'effet Flynn décrivant des résultats de tests qui se modifient en fonction des générations et de dispositions plus ponctuelles montrent la fragilité de ces approches. L'utilisation de tests en vue de l'établissement des diagnostics différentiels reste hasardeuse. Le sujet pouvant par exemple afficher un trouble de communication secondaire à sa dysphasie ou encore obtenir un faible niveau d'efficience dans certaines épreuves pratiques par le biais de difficultés praxiques sans qu'un réel retard mental soit impliqué. L'évaluation dynamique s'inscrit dans cette problématique par une approche éducative cognitiviste (Dias, 1991 ; Paour et *alii*, 1995 ; Paour et Cèbe, 1999). Cette technique concerne principalement les personnes à faible efficience intellectuelle.

La diversité de réponses chez l'enfant déficient peut souvent dérouter. Les réponses qu'on pourrait taxer de « désorientées » sont souvent l'œuvre de la psychose et non de la déficience mentale où les idiosyncrasismes (réponse hors contexte par rapport à la situation) sont légions. On parlera de psychose à expression déficitaire. Cette désignation dessine davantage les différents troubles que l'on peut rencontrer où un « champ clinique qui devrait mettre en rapport l'éducation avec une psycho-physio-pathologie des apprentissages » (Gérard, 2010) et prendre également en compte les troubles de l'apprentissage. «On sait les carences dans la formation des psychologues à l'évaluation et le peu de temps et le peu d'outils dont ils disposent en institution» (Tourette, 2014, p.329) ne permet pas d'évaluer les enfants et de percer d'éventuelles mécanismes de défense qui figent les potentialités intellectuelles de l'enfant (conflits, angoisses, vécu dépressifs et évolution d'une maladie).

Amélioration des tests

Dans le cas du dépistage ou l'évaluation psychologique, on va évaluer un retard de développement dans un domaine précis et explorer la sphère affective de l'enfant pour voir quels sont les liens entre les troubles et l'adaptation de l'enfant à son milieu. Les tests peuvent servir pour un dépistage précoce de pathologies, notamment des « dys », très ciblés ces dernières années, grâce à l'évaluation du langage oral. L'étude du domaine socio-émotionnel peut compléter celle des capacités cognitives de lecture. La neuropsychologie apporte ainsi un

éclairage nouveau aux manifestations pathologiques, qui relevaient historiquement de la pédopsychiatrie ou de la psychologie clinique. Les problématiques relationnelles de l'enfant et de son vécu affectif relèvent aussi bien de l'examen psychologique que des interrogations neuropsychologiques, langagières, attentionnelles, mnésiques, perceptuelles, motrices, praxiques et enfin exécutives.

La recherche en neuropsychologie laisse percevoir une amélioration depuis l'apparition d'épreuves mieux adaptées au public auxquels elles sont destinées (par exemple la BECS pour l'autisme, la NEPSY pour les troubles des fonctions cognitives le SON _ R ou la WNV pour les enfants avec difficultés verbales) et d'autre part par un changement d'orientation dans la démarche évaluative, qui devient plus dynamique et mieux articulée avec le projet et l'histoire de l'enfant. Faire l'anamnèse de l'enfant revient à reconstituer l'histoire de la pathologie afin d'affiner et d'orienter le diagnostic. Toutefois, pour Bullinger (2004), si les éléments de l'anamnèse sont donnés avant l'évaluation, ils risquent d'orienter la conduite de l'examen. Le psychologue doit faciliter la parole de la personne par ses connaissances et intervenir en respectant les mécanismes de défense (le déni, la rationalisation, la projection, etc.). Il sera attentif au contenu latent de la parole du sujet et des mécanismes psychiques inconscients mis en œuvre au cours de l'entretien.

« La standardisation, situation expérimentale parfaitement définie et identique permet une comparaison statistique indispensable et non une comparaison clinique. Huteau et Lautrey (1997) définissent un test comme un dispositif d'observation des individus qui présente quatre propriétés : une standardisation, un étalonnage (pour situer la conduite du sujet dans un groupe de référence), la fidélité (degré de précision des mesures qu'il permet) et la validité (signification théorique ou pratique de ces mesures) » (Gérard, 2010). L'ensemble de ces tests n'aborde cependant que trop peu ce qui relève des fonctions exécutives, compétences décisives pour notre étude sur la lecture.

Solution de test

La stratégie des exercices répétés face à des traitements complexes peuvent se montrer sans effets. Pour faire l'objet d'un entrainement positif il ne peut faire l'économie d'une large adaptabilité au risque d'être sanctionné d'une double inefficacité puisque s'ajouterait celui de l'effort non récompensé. C'est notamment le cas dans les traitements cognitifs qui s'éloignent des capacités mentales requises. On sait qu'un travail sur le traitement phonologique chez les enfants dyslexiques aggrave leurs difficultés en insistant sur un recours à la subvocalisation, qui ne permet pas de représentation mentale compatible avec la mémoire orthographique, puisque précisément lié aux problèmes de rétention verbale, souvent caractéristique de cette pathologie.

Comme pour les apprentissages, la psychométrie ne vaut que si elle est adaptée au millimètre afin de produire des résultats précis. « Le bien-être de l'enfant dépend de ses capacités à réaliser son potentiel cognitif ». Des post-tests après l'entraînement pourront montrer si les sujets ont aussi amélioré leurs performances dans les domaines des prérequis de langage mais des pré-tests de catégorisation aux vues de l'analyse et des outils étudiés ici ne pourraient se réclamer d'une utilité qui permettrait de remplir son office. Ils seraient au mieux des tests de discrimination, contraire à notre éthique. Pour mieux comprendre ces distinctions, on peut convoquer une étude différentielle sur des enfants porteurs du syndrome de Williams ou du syndrome de l'X fragile menée par Rondal (2001). Pour le chercheur, « un profil langagier et probablement neuropsychologique particulier peut être associé à différents syndromes déterminant un retard mental ». Il convient alors d'adapter les programmes d'interventions et de remédiations spécifiques à chaque groupe syndromique.

Partie 2 théorique 4 Nouvelles technologies et handicap

Les nouvelles technologies scolaires

L'informatique à l'école

Historique de l'intégration des outils technologiques

Comment les technologies de l'information et de la communication sont-elles utilisées dans le système éducatif ? Modifient-elles la nature, les contenus et les modalités des apprentissages ainsi que les acquis, le rapport au savoir et les attitudes des élèves, des étudiants et des enseignants ? Des études répondant aux appels d'offre du CNCRE (Comité national de coordination de la recherche en éducation) cherchent à optimiser l'utilisation du multimédia et de l'environnement informatique dans les apprentissages scolaires.

Les initiatives dans ce domaine venaient de que certains enfants d'IME se montraient plus performants pour la mémorisation sur support informatique. J'avais moi-même noté ces performances dans le cadre de mes fonctions professionnelles auprès d'enfants déficients, notamment pour l'apprentissage de langues étrangères ou du domaine technique. Les élèves pouvaient rester concentrés sur un ordinateur jusqu'à ignorer totalement leur environnement et les différents parasitages d'ordinaire déstabilisants. Aussi, fort de ce constat, je voulais proposer à ces enfants une stimulation de leur capacité d'attention et de mémorisation par le biais de logiciels adaptés, qui font cruellement défaut dans ce secteur.

L'outil informatique, caractère transitionnel et séduisant obtient souvent la pleine adhésion des enfants déficients même auprès des sujets autistes. Les domaines qui traitent de la déficience mentale montrent un espoir concernant la réactivation d'un potentiel par la stimulation cognitive, libérant de nouvelles pistes à explorer. Le multimédia et la technologie permettent des expériences inédites dans cette approche.

Des souris et des hommes

Mon expérience m'a conduit à constater les bénéfices et parfois les dérives de ces dispositifs pédagogiques, après avoir mis sur pied toute une panoplie d'exercices pratiques et de projets faisant intervenir L'EAO. J'avais remarqué que ce support pouvait être très pertinent pour certaines fonctions d'apprentissage. Ainsi, des enfants qui présentaient de grandes difficultés de mémoire et de représentation spatiale réussissaient à retenir les menus qu'ils utilisaient pour survenir à leur fin. Très vite, je ressentais la nécessité de produire le bilan des applications que j'avais pu développer dans ce domaine et qui me semblait être pertinentes.

Afin de donner à ce travail une empreinte théorique et officielle, je le réalisai dans le cadre d'un diplôme universitaire d'un DEA en sciences de l'éducation. Mon projet a consisté en l'élaboration de deux didacticiels sur PréAO, présentant des séries de mémorisation de mots de trois ou quatre lettres de la langue française ainsi que les sons composés sur des fonds de couleurs spécifiques (*eu* : bleu ; *ou* : rouge ; *au* : jaune, etc.). Sur chaque série, différents systèmes d'aides étaient proposés. Par observation et par une macro VBA[18] similaire à celui

[18] Les macros sont des programmes, des exécutions qui sont affectés à un logiciel ou un document spécifique. Dans notre cas, derrière chaque élément de réponse que l'élève peut activer dans le document, nous avons placé un programme qui indique dans un autre document d'évaluation, prévu à cet effet, la navigation de l'élève, il

développé dans cette thèse, qui récupérait les données de navigation, j'ai pu suivre le cheminement et les interventions des élèves sur le logiciel.

Certains élèves qui avaient de grandes difficultés de mémorisation se sont surpris eux-même à retenir facilement les sons de ce petit jeu. Il est certain que la mise en place et l'environnement jouent également un rôle important, les histoires de pédagogie et de transmissions étant souvent d'ordre relationnel. Toutefois, mon observation m'amenait à me demander si la manipulation de la souris n'ouvrait pas des possibilités, en particulier sur ce type de population qui était souvent pénalisée par ses difficultés d'écriture, qui ne lui permettait pas d'enchaîner rapidement des exercices.

Stimulation cognitive par les médias

La réactivation d'un potentiel de stimulation cognitive grâce aux nouveaux médias ouvre des voies de résilience mentale à explorer par les méthodes de stimulation. La distribution de ces activités pourra se présenter sous forme de formation et de projets avec un axe sur les nouvelles technologies, confondant la formation et les apprentissages transversaux comme les apprentissages fondamentaux. La mutualisation des expériences, des opinions, des idées et des résultats, conjuguée aux projets en équipe, est une solution pour la rétribution des nouvelles technologies.

Les logiciels dits « faciles » ne sont pas toujours une bonne option pour l'enseignement spécialisé. En revanche, il est possible de créer des logiciels d'aide didactique spécialisée, adaptés à des niveaux bien précis et aux difficultés spécifiques de l'apprentissage des déficients mentaux. Bien souvent, l'élève met en place des stratégies qui lui permettent de remplir le contrat exigé par le support, sans avoir acquis les compétences visées. L'exemple le plus courant réside dans les supports avec évaluation par nombre de bonnes réponses dans un temps imparti. L'élève, en cliquant au hasard le plus rapidement possible, a plus de chance d'avoir une bonne note que l'élève qui prend beaucoup de temps pour la réflexion.

Selon Reuven Feuerstein : « Le médiateur est la personne qui interprète pour l'enfant ses expériences en les orientant vers un but. Quand il y a déficience mentale, il y a blocage du passage de la médiation. Rétablir cette possibilité de médiation est alors le moyen de stimuler et de faire évoluer les capacités d'apprentissage. Sans médiation, pas de changement […]. Toute personne est capable de changement, quels que soient son âge, son handicap et la gravité de ce handicap. Les enfants différents ont simplement besoin d'un surcroît d'attention et d'investissement personnel.».

Méthodes pour étudier ces apprentissages

Chronométrie mentale et oculométrie

On peut noter trois approches classiques en psychologie cognitive, qui sont la chronométrie mentale largement répandue, l'imagerie cérébrale qui reste élitiste et l'étude computationnelle à travers la modélisation et la simulation sur ordinateur qui a trouvé un large essor ces dix dernières années.

Dans le cadre de la chronométrie mentale, l'oculométrie occupe une place prépondérante par son analyse des champs visuel, que l'on peut découper en trois parties, à savoir fovéale, parafovéale et périphérique. Ainsi la nécessité d'opérer en saccades pour la

suffit ensuite de transcrire la valeur du clic : une bonne réponse, une mauvaise réponse, un changement de série, l'utilisation d'une aide pour suivre le cheminement de l'élève dans le diaporama, etc. Le langage VBA (Visual Basic of Application) est un langage issu du Visual Basic, qui comprend plusieurs modes de programmation.

lecture d'un texte a été mise en lumière par l'expérience connue de la fenêtre mobile, où un masque est appliqué en dehors de la zone fovéale. (McConkie et Rayner, (1975) montrent que seule la partie fovéale possède une définition nécessaire pour « déchiffrer » le mot.

Imagerie cérébrale

Aujourd'hui, l'emprise de l'imagerie est indéniable et ascendante. Toutefois, elle rencontre deux problèmes. Le premier est qu'elle reste élitiste et demande énormément de moyens ; elle ne peut donc s'utiliser pour l'ensemble des recherches. De plus, nous savons qu'elle pose un problème de temporalité et qu'elle ne peut distinguer, même si elle a progressé dans ce domaine, les excitations excitatrices d'excitations inhibitrices, ou même distinguer les différents types de neurones en action, qui relèvent tous de fonctions différentes. Ainsi, la précision phénoménale atteinte soulève de nouveau problèmes pour aller plus loin dans la compréhension de ces systèmes.

Les nouvelles technologies

Enfin, les nouvelles technologies, et notamment l'informatique, ont ouvert un champ de possibles grâce à la traçabilité des événements qu'elles permettent. Dans le domaine des apprentissages, cette innovation peut devenir un outil très puissant dans le suivi et la compréhension des cheminements de pensées des sujets en situation d'apprentissage. Dans le domaine du handicap mental, certaines thérapies vont optimiser ces systèmes, notamment dans l'utilisation de la réalité virtuelle, qui voit son champ s'élargir pour investir les milieux phobiques et pathologiques. On peut penser que, bien que de nature différente, de nouvelles méthodes émergentes pourraient devenir des supports d'aide efficaces et/ou révolutionnaires.

Handicap, cognition et technologie

Les sciences de l'apprentissage

Une problématique multiple

Les références de la loi du 11 février 2005 rappellent que tout enfant, replaçant ainsi le droit des personnes handicapés, a droit à l'accès à l'école par la circulaire n°89-19 du 30 octobre 1989 : « L'éducation pré- et parascolaire devrait être tentée chez tout enfant polyhandicapé et poursuivie en fonction des réponses de chacun. Des programmes d'éducation 'assistée par ordinateur' faits sur mesure peuvent permettre l'actualisation de l'efficience intellectuelle d'un certain nombre d'enfants polyhandicapés ».

L'étude des pathologies cérébrales et les modes d'apprentissage chez les enfants déficients risquent de figurer parmi une recherche de pointe qui regroupe un ensemble complexe de compétences. Les sciences des apprentissages, ou neurosciences, pédagogie, psychologie et thérapie, se rejoignent et se retrouvent pour l'étude de l'essence de l'évolution humaine : l'apprentissage. La psychologie n'avance pas seule. Les domaines qui traitent de la déficience mentale montrent que les espoirs concernant la réactivation d'un potentiel de stimulation cognitive, grâce aux activités proposées par l'ordinateur, ouvrent de nouvelles voies à explorer. Le multimédia et les nouvelles technologies permettent des expériences inédites dans tous les domaines : piloter un avion, ériger une cité, prédire des schémas thermodynamiques, concevoir, calculer, créer, élaborer modéliser à partir des simulateurs toujours plus performants. Les méthodes, les outils, les nécessités se diversifient.

Le multimédia multipotent

Si le multimédia est souvent destiné à illustrer, il peut devenir un instrument conçu pour transmettre plus d'informations que les présentations traditionnelles. Il peut être modelé,

manipulé et réorganisé en fonction des objectifs. Les révolutions et évolutions de ces systèmes informatiques doivent s'accompagner d'une réflexion, d'une expertise pour optimiser leur utilisation. Ainsi, en matière de thérapie et de parascolarité des enfants inadaptés, l'aide de l'ordinateur, « objet nouveau, fascinant et, si l'on veut, transitionnel, ne peut être basée sur son utilisation directe et, par conséquent rudimentaire et réductrice, au risque de se borner à des situations fragmentaires et des résultats approximatifs », sans une adaptation des apprentissages, sans une progression individualisée et ciblée.

Ces dernières années, une certaine sensibilité de la part de nos institutions sur la question de l'accessibilité aux médis a semblé s'étendre au handicap mental. Ainsi les initiatives telles que le FALC[19] et certaines structures promulguent l'accès aux différents médias aux personnes handicapés, qui ne peuvent pas être sorties de ce moyen de communication centrale dans nos sociétés. Ainsi, les TICE sont souvent sollicités comme développant la capacité de raisonner, d'apprendre à apprendre, à créer, etc. Elles peuvent contribuer à l'amélioration de l'acquisition de connaissances. Elles séduisent les élèves pour certaines activités d'apprentissage, facilitent leur concentration, favorisent l'esprit de recherche, suscitent la collaboration entre élèves, facilitent la planification de leur travail et informent l'enseignant sur de nouvelles ressources didactiques. Les nouvelles technologies constituent aussi un atout, parce qu'elles obtiennent souvent l'adhésion des enfants déficients.

Ces nouvelles technologies ont fait très récemment irruption dans la panoplie des protocoles de thérapies qui sont dévouées aux enfants présentant un handicap mental. J'ai moi-même était à l'origine et participé à leur mise en place. La présentation succincte de ces deux projets dans le chapitre suivant pourra apporter quelques lumières sur le projet de notre recherche, qui comporte un certain nombre de similarités.

La problématique politico-économique.

L'utilisation des nouvelles technologies, et en particulier de la robotique dans le domaine de l'éducation, donne souvent lieu à des démarches individuelles et isolées[20], expérimentales et incertaines, sans la possibilité d'un regroupement instigateur. Les études longitudinales dont on dispose sont assez rares et concernent les interactions, pas spécifiquement éducatives mais plutôt sociales, entre les robots et les êtres humains (Moshkina & Arkins, 2005). Il est ainsi difficile d'émettre des états généraux sur l'utilisation de l'informatique à l'école, tant les expériences sont abondantes et divergentes. Les études éparses et parfois isolées dans ce domaine, où tant de critères peuvent entrer en jeu, ne permettent pas de dire clairement les bénéfices et les inconvénients de ces nouvelles approches didactiques. Si peu d'unité se dégage de l'étude d'un phénomène aussi important, et grandissant dans nos écoles et dans les foyers, les nouvelles technologies vont inévitablement révolutionner les apprentissages. Ces machines doivent ici nous donner matière à réflexion et des études concrètes qui soient au plus proche des pratiques du terrain.

En effet, quelle que soit la perspective par laquelle on les aborde, les enseignements distribués par ces technologies sont d'abord foisonnants puis chaotiques. Et les applications scolaires orchestrées par l'éducation nationale ne font pas exception. Chaque fois, la démarche est particulière, l'évaluation hasardeuse et les systèmes différents. Tant d'aléas sont un obstacle à la fortune de ce support. Il est difficile d'obtenir une synthèse des composantes pertinentes d'une pédagogiques plus efficace et plus adaptée aux défauts d'apprentissage des

[19] Facile à Lire et à Comprendre. Cette initiative tend à traduire des éléments textuels trop complexes pour les personnes n'ayant pas la culture du domaine, notamment pour les textes juridiques ou administratifs..

[20] Malgré le regroupement au travers de conférences depuis 2001 sur l'initiative de l'EAIH : Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain.

personnes déficientes, la règle semblant plutôt être celle des vases communicants. Les perspectives de changement pédagogique radical, qui accompagnent généralement l'apparition de nouvelles TICEs dans le contexte socio-éducatif, sont également évoquées pour la RE (Bonnel, 2010 ; Papert, 1980).

L'utilisation de la robotique est, elle, encouragée dans plusieurs domaines du quotidien, dont le milieu éducatif (Bonnel, 2010). Il convient de considérer avec prudence les promesses d'une révolution qui pourrait paraître dictée par le développement industriel et le progrès technologique davantage que par de réels besoins éducatifs. Le monopole de certains distributeurs et concepteurs, avec lesquels il faut travailler, vient souvent desservir le primat d'une qualité pédagogique par des contraintes marketing ou autres. Les efforts concentrés sur le caractère «vendeur» des technologies empêchent parfois un gain d'efficacité de malléabilité et d'ergonomie. Certains gardiens d'une formation humaniste traditionnelle pensent que les machines ne peuvent que distraire de l'essentiel. Pour d'autres, elles permettraient d'apprendre à penser, apprendre à apprendre ou encore servir l'acquisition de bases solides dans les apprentissages fondamentaux. D'autres encore ne voient dans la présence des technologies à l'école qu'une imposture pédagogique dissimulant des enjeux économiques.

Enfin, l'ouverture des marchés de l'enseignement et surtout de son informatisation, telle qu'on l'a vu aux Etats-Unis avec tous ses débordements de lobbying, de matraquage publicitaire, formatage des esprits, etc. ainsi que l'achat récent de « éducation.com » par le groupe Vivendi, premier éditeur de logiciels éducatifs, « en est un témoignage des plus significatifs. L'éducation devient une propriété privée, soumise à des droits mais dépourvue de toute déontologie. L'enfant qui se connecte sur le site de Vivendi devra subir la loi Vivendi, la pub Vivendi, le conditionnement Vivendi [...] soumis à une idéologie de la consommation qui le moulera, le formatera pour les conduire où l'on veut les mener : acheter les produits de la firme, vivre dans un divertissement permanent. Le reste, exercices, apprentissages, programmes, éducation n'est que littérature à l'usage des parents et des détracteurs un peu naïfs. ».

On assiste aujourd'hui à la marchandisation de l'école par le gouvernement qui a cédé l'introduction des nouvelles technologies aux marchands plutôt qu'aux pédagogues. « Microsoft a mis l'Éducation nationale en coupe réglée avec la bénédiction des instances dirigeantes », et l'on connaît les procès et les intentions de monopole de Microsoft, qui s'est vu condamné de nombreuses fois dans son propre pays, notamment, et ce n'est qu'un élément parmi tant d'autres, pour vouloir rendre incompatible tous les Freeware et Shareware du marché avec son système d'exploitation Windows, qui contrôle la majorité des ordinateurs du parc informatique mondial. À force de formaliser l'enseignement, de le dépouiller d'opérations mentales complexes qui permettent et manifestent la libre expression d'un sujet autonome, on le rend plus accessible au travail machinal, on permet la légitimation d'une industrie automatisante et capitalisante qui a déjà largement démontré ses limites et ses perversions. Nous sommes en présence d'un véritable enjeu de stratégie de domination planétaire, dont l'unique parade passe par l'éducation. Éducation des enseignants, éducation des apprenants.

La complexité de la situation éducative, son institutionnalisation et les contraintes qui l'entourent la rendent hermétique et inconvenante aux théories psychologiques et sociologiques qui ne peuvent donner une idée claire et uniforme de l'enseignement - et qu'il nous faut réintroduire dans les approches avec support technologique. Le simple fait d'utiliser une technologie nouvelle ne peut plus constituer un argument suffisant.

Une approche technico-cognitive

Les robots sont-ils des outils techno-pédagogiques comme des autres ou présentent-ils des caractéristiques particulières par rapport aux technologies implémentées auparavant (*e.g.*, Druin & Hendler, 2000). Il nous faut définir précisément les objectifs pédagogiques que l'on souhaite mettre en œuvre, grâce aux spécificités de ces nouvelles technologies (Gaudiello, Zibetti & Carrignon, 2010). Enfin, ne faut-il pas trouver des critères d'évaluation appropriés à ces nouveaux modes d'apprentissage (Nourbakhsh, Hamner, Dunlavey et alii, 2005) et supposer que l'ordinateur supprime d'emblée la trame psycho-affective qui se joue dans toute relation d'apprentissage[21]. Il existe effectivement un transfert avec l'enseignant qui donne envie à l'élève d'apprendre et de créer un lien avec la discipline.

« L'enfant a besoin de l'adulte pour être actif dans le processus d'élaboration des connaissances. Celles-ci ne se constituent pas dans la solitude mais au travers des expériences proposées par l'enseignant. » (Colomb, Charnay, Douaire, Valentin, Guillaume, 2005). Cet intermédiaire permet de structurer ces apprentissages et de renforcer les pratiques déjà en place, sans nécessairement apporter de nouvelle conception des processus d'enseignement. Dans un ouvrage sur la cognition artificielle, une citation de Skinner rappelle : « J'accuse les cognitivistes de se livrer à des spéculations sur les processus internes pour lesquels ils n'ont pas de moyen d'observation appropriés » (Grumbach, 1994, p.52).

« Dans une situation d'apprentissage, l'élève mobilise ses connaissances antérieures et doit les confronter à la situation proposée par l'enseignant » (Jean Piaget). La confrontation des idées des élèves génère une perturbation cognitive interindividuelle qui, si elle n'est pas occultée, va avoir pour conséquence une perturbation cognitive intra-individuelle qui, si elle est surmontée, engendre une progression intellectuelle. Pour l'élève en difficulté, les erreurs ou contradictions ne sont souvent que des indicateurs d'échec a posteriori et ne sont pas exploitées comme outils de contrôle de la formulation et de la validation. Depuis des décennies, les théories de la psychologie fournissent résultats et concepts qui contribuent au renouvellement des méthodes d'enseignement et des pratiques d'apprentissage. Mais cet outillage ne signifie pas que la psychologie doit dicter la manière d'enseigner. Il n'y a pas de relation à effet directe entre les théories et les pratiques d'enseignement : les discours des sciences de l'éducation ne sont pas normatifs à l'égard des pratiques d'enseignement (voir la conférence Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement ; Gérard Barnier, formateur, IUFM d'Aix-Marseille).

Selon Léon Festinger, psychosociologue américain, une dissonance intellectuelle est créatrice d'une situation d'inconfort psychologique que tout individu va tenter de réduire en mobilisant ses capacités cognitives, si une médiation rassurante est mise en place[22]. « deux éléments sont dissonants quand, pour une raison ou une autre, les individus familiers de la situation sociale étudiée estiment généralement que les deux éléments ne devraient pas être

[21] L'adulte a une grande place dans la construction de l'identification. Dans la revue *Politique*», premier semestre 96, Bernard Chariot cite la définition de l'éducation que propose Durkheim : « L'éducation est l'action exercée par les générations adultes *sur* celles qui ne sont pas encore mûres pour la vie sociale. Elle a pour objet de susciter et de développer chez l'enfant un certain nombre d'états physiques, intellectuels et moraux que réclament de lui et la société politique dans son ensemble et le milieu spécial auquel il est particulièrement destiné ».

[22] Je reprends ici le concept de « dissonance cognitive », en ne le considérant pas dans un cadre psychosociologique, comme l'entend d'emblée Léon Festinger, mais dans un cadre psycho-cognitif. C'est-à-dire ce que l'enfant met en place pour que l'ensemble des données qui lui sont communiquées correspondent. Cela devient alors très pertinent pour l'évaluation de la perception des différents systèmes d'aides et de leurs impacts sur l'inférence dans l'exercice de la lecture.

associés dans cette situation » (Festinger, 1993, p.175). Selon une évocation de Kamila Eimerl (2005, p.225) : « une expérimentation et évaluation des effets rééducatifs obtenus permettraient de constituer un ensemble de prémisses psychologiques et didactiques de la conception des logiciels pour l'enseignement spécialisé [...]. Ces aides pourraient contribuer à l'amélioration des acquisitions relatives aux représentations spatiales, à la notion du temps, aux déficiences Intellectuelles - dont le symptôme majeur est le faible quotient intellectuel et un retard scolaire conséquent. » L'échec scolaire touche le plus souvent des enfants déjà fragiles sur le plan narcissique et presque toujours des enfants psychologiquement fragiles d'une façon ou d'une autre. L'échec scolaire n'est probablement que très exceptionnellement le fruit de « circonstances malheureuses ». L'échec scolaire, associé aux troubles du caractère et du comportement, est souvent le symptôme de cette fragilité.

Sur le plan psychopédagogique, l'inhibition appelle la compréhension et la prudence de la part du maître spécialisé. Il faut prendre bien conscience du caractère fortement défensif de l'inhibition. Plus que tout autre mécanisme de défense, l'inhibition est une défense contre ce qui fait mal ou risque de faire mal. Elle appelle donc une grande prudence dans l'approche même de l'enfant inhibé. Les pédagogues[23] « dynamiques », qui bousculent les enfants endormis, sont cauchemardesques, maltraitants psychiquement, pour les enfants réellement inhibés. L'ordinateur ou le robot permettent de solliciter doucement, progressivement, l'élève et de se montrer des plus patients à son égard. Selon Reuven Feuerstein : « Le médiateur est la personne qui interprète pour l'enfant ses expériences en les orientant vers un but. Quand il y a déficience mentale, il y a blocage du passage de la médiation. Rétablir cette possibilité de médiation est alors le moyen de stimuler et de faire évoluer les capacités d'apprentissage. Sans médiation, pas de changement […]. Toute personne est capable de changement, quels que soient son âge, son handicap et la gravité de ce handicap. Les enfants différents ont simplement besoin d'un surcroît d'attention et d'investissement personnel.»

Le médiateur s'interpose entre l'enfant et le monde, interprète pour l'enfant ses expériences, réordonne, organise, rassemble, structure les stimuli auxquels l'enfant est exposé, en les orientant vers un objectif précis. Cette médiation crée chez l'enfant la disponibilité et la disposition à apprendre[24]. Cette théorie du changement et de l'apprentissage par médiation a donné naissance à deux applications pratiques : la méthode d'Evaluation Dynamique du Potentiel d'Apprentissage (EDPA) et le Programme d'Enrichissement Instrumental (PEI). Des outils pédagogiques qui, à travers la médiation, s'appuient sur une attitude commune : valoriser l'enfant en évitant toujours de le mettre en échec.

Projet de robotique pédagogique

La robotique thérapeutique

La mise en œuvre d'une « pédagogie active » repose sur l'organisation des ressources de l'environnement d'apprentissage. Les recherches sur le développement de stratégies cognitives et sur l'acquisition en laboratoire d'un savoir-faire expérimental dans les secteurs professionnels ont conduit à développer un système d'enseignement qui facilite le transfert

[23] Il s'agit de la conduite « agogue » de l'enfant *pais* et éducation viens de « *educare* » terme latin qui veut dire éduquer, au sens de « apporter les soins ».

[24] Au fil des années, Reuven Feuerstein et son équipe élaborent les modalités de cette médiation. Ils définissent trois critères importants : l'intentionnalité, la transcendance et la médiation de la signification. La médiation doit d'abord être animée par l'intention : si, par exemple, j'apprends à un enfant certains mots, ce peut être dans l'intention de le rendre capable de construire d'autres mots. Cette intention doit toujours rester présente dans l'esprit du médiateur. La transcendance est la volonté de dépasser les besoins immédiats de l'enfant pour en créer de nouveaux : l'enfant doit comprendre le sens des actions du médiateur. C'est la médiation de la signification.

d'un mode de raisonnement opératoire concret vers un mode de raisonnement opératoire formel. Ce transfert est aujourd'hui nécessaire et prérequis pour la formation technique et professionnelle. Cette façon de faire constitue l'essentiel de la robotique pédagogique (RP), il s'agit d'un environnement d'Expérimentations Assistées par Ordinateur (ExAO), où le robot est à la fois objet et outil d'apprentissage, un environnement didactique qui place l'apprenant en situation de résolution de problèmes techniques en mobilisant chez lui des savoirs et des savoir-faire ainsi qu'une certaine logique. Notre orientation portera sur l'impact d'activités à caractère inductif, sur la compréhension de phénomènes technologiques pour une certaine qualification en formation professionnelle (FP).

L'utilisation des robots est perçue par certains comme invalidant l'acquisition des apprentissages. Il est donc indispensable de démontrer une application concrètement bénéfique dans ces apprentissages et d'en inférer autant d'inquisiteurs potentiels, faisant de la robotique thérapeutique et pédagogique une discipline. Tandis que, pour certains, cette approche reste contre-productive : « Une activité fondamentale comme lire, écrire ou compter ne s'apprend pas en utilisant l'outil qui l'automatise, et l'on se leurre en prétendant résoudre les difficultés rencontrées à l'école par le recours massif aux nouvelles technologies[25]». Cette vision automatisante de l'utilisation de la robotique empêche de comprendre les contributions fortes que cette dernière est à même d'apporter aux sujets en difficulté mentale. Par glissement sémantique, de nombreuses critiques confondent en effet « virtuel » et « artificiel ».

Il n'est pas démontré que ces investissements aident à la concentration[26] et contribuent à mémoriser et à consolider les connaissances[27] au-delà des pratiques habituelles, car c'est bien le douloureux débat qu'il s'agit de poser ici. La révolution de l'enseignement, du moins celle proposée par les politiques, manque effectivement d'arguments sincères pour justifier ses apports. En ce qui concerne l'introduction de la robotique dans les programmes scolaires ou du secteur sanitaire, nous pouvons effectivement déplorer l'avènement d'une pédagogie qui confond l'information et le savoir, « prêtant à l'enseignant cette seule capacité d' " information " à laquelle se réduira le " savoir " de l'élève[28].»

Choisir de travailler avec un robot peut permettre de générer des scénarios ludiques où l'intervention humaine est minimisée et donc instaurer un espace pédagogique qui assurera à l'enfant des repères émotionnels et un comportement stable. Cet environnement permet également de scénariser le suivi afin d'obtenir directement des traces sémantiquement significatives pour le tuteur. Certains robots sont conçus par des laboratoires ou de manière artisanale, donnant lieu à des expériences et des initiatives individuelles comme AuRoRa, un projet mis en place depuis 1998 par l'Université d'Hertfordshire, Hatfield, Angleterre, destiné aux enfants autistes et utilisant différents robots tels que Mel, Pekee, Robota, Aibo. Le projet

[25] Thierry Mézaille : *Thématiques Littéraires, Méthodologie, Pratique Et Polémique*, http://www.revue-texto.net/Reperes/Themes/Mezaille_T/Methodologie.html

[26] Certaines études montrent, en effet, que les élèves sont plus concentrés devant l'ordinateur, et cela est particulièrement vrai pour les apprenants qui ont du mal à fixer leur attention sur une tâche. Toutefois, il faut, à mon sens, prendre en compte le fait que l'ordinateur propose souvent des activités simples et rapides sur un mode « zapping », tel que l'on peut le rencontrer dans les chaînes de télévision pour les jeunes (on peut ainsi citer les changements de plan toutes les deux secondes, pour donner une impression de tonicité et de vivacité). De plus, si l'élève reste concentré sur son poste, rien ne dit que cette dernière soit focalisée sur le travail et ne soit pas le symptôme d'une relâche due à toutes les distractions environnant le travail que peut offrir la machine.

[27] Etude menée à l'ENS des sciences de l'information et des bibliothèques, disponible sur :Http://www.enssib.ft/bibliotheque/documents/tmvauy/kolmayer/kolm-navig2.html.

[28] Sur la confusion entre information et savoir, lire Müippe Breton, *L'Utopie de la communication*, La Découverte, 1997, et Lucien Sfez, *Information, savoir et communication*, Centre Galilée, Paris, 1994.

Kaspar (Kinesics And Synchronisation In Personal Assistant Robotics), qui étudie également l'interaction homme-robot, est né des projets européens « Robotcube Project » et « AuRoRa Project » développé par l'Université d'Hertfordshire, Hatfield, Angleterre. On peut aussi citer Ploc : Robot développé par l'Université de Tours ou encore le projet IROMEC.

Des projets ont déjà exploité la robotique dans l'autisme, plaçant souvent l'enfant au centre du jeu avec le robot, sans appuyer sur la dimension triadique de la relation enfant/thérapeute/robot. On nommera parmi eux les projets Robota, Keepon, Tito, Kismet, Bandit, Ploc, le projet RobAutisTIC ou encore Aurora (qui exploite plusieurs robots dans ses recherches) ainsi que les robots Paro et Kaspar

Essai en robotique pédagogique

Le projet MARICA, Mesure des Activités Robotiques, auquel j'ai poarticipé et qui se déroulait au centre de La Gabrielle cherchait à mesurer l'impact sur les comportements des sujets autistes, le projet Marica étudiait l'utilisation d'un robot comme médiateur de communication auprès de sujets autistes afin d'élaborer des scénarios « pédago-thérapeutiques », favorisant le développement d'interactions sociales grâce au robot Pléo, dinosaure évolutif, doté d'expressions stéréotypées utiles pour l'aide à la thérapie et au diagnostic. À partir d'une grille d'évaluation, nous avons mesuré les différents comportements suscités par l'utilisation du robot (expression, locution, contacts, intérêt ou interactivité). Cette étude donne déjà des pistes pour l'aide à la thérapie et au diagnostic afin d'établir des scénarios pertinents.

En effet, les robots, entre l'animé et l'inanimé, permettent de nouvelles approches pour cette pathologie et offrent des possibilités de prise en charge. La robotique grâce à son impact possible sur les sujets concernés ouvrent un diagnostic possible des cliniciens et les thérapeutes. Ces dernières années, plusieurs groupes de recherche mettant en avant l'intérêt d'utiliser des robots pour étudier, diagnostiquer et même participer à la thérapie des enfants atteints d'autisme (Dautenhahn et *alii*, 2003 ; Scassellati, 2005 ; Duquette et *alii*, 2008 ; Kozima et *alii*, 2005 ; Stanton et *alii*, 2008) ont ouvert le chemin. Rien ne permet, en effet, de dégager des orientations possibles de ces technologies dans le domaine du handicap mental, des interactions réalisables dans les différents spectres de l'autisme ainsi qu'une évaluation précise de l'impact de ces mises en pratique.

Cependant, le handicap mental reste un secteur peu investi par cette recherche, les progrès des sciences cognitives peuvent aujourd'hui créer le lien entre les investissements et l'assistance technologique. Ces évolutions ouvrent un chemin vers ce que l'on pourrait appeler « l'assistance cognitive » qui, pour mieux appréhender l'étude psycho-physiologique des personnes déficientes, propose des aides et des solutions techniques dans la perspective d'une assistance globale du handicap mental et des nombreuses pathologies associées.

On sait depuis de récentes études (Dautenhahn et *alii*, 2003 ; Scassellati, 2005 ; Stanton et *alii*, 2008) que les enfants autistes sont plus fortement impliqués par des interactions avec les robots. Jacques Loeb étudie, à travers la robotique, un certain nombre de comportements pouvant être expliqués par des mécanismes réflexes purement chimiques et mécaniques puis par l'utilisation d'un ensemble de méthodes d'enregistrements et d'analyses des situations sociales développées par la communauté de robotique sociale (Breazeal, Robinson-Mosher et Scassellati, 2004). Ainsi, ce que l'on pourrait appeler la « robotique

cognitive », à mi-chemin entre l'étude des situations sociales et l'intelligence artificielle, constitue une aide dans la compréhension des déficiences et de leurs suites comportementales.

Des projets ont déjà exploité la robotique dans l'autisme, plaçant l'enfant au centre de l'activité avec le robot, sans nécessairement poser une relation triangulaire entre enfant, thérapeute et robot. On nommera parmi eux les projets Robota, Keepon, Tito, Kismet, Bandit, Ploc ou encore Aurora. Ce dernier, mis en place, dès 1998, par l'Université d'Hertfordshire exploitait différents robots tels que Mel, Pekee, Robota et Aibo. Le projet Kaspar (Kinesics And Synchronisation In Personal Assistant Robotics) étudie également l'interaction homme-robot né des projets européens « Robotcube Project » et « AuRoRa Project » développé par l'Université d'Hertfordshire, Hatfield, Angleterre. On peut aussi citer Ploc : Robot développé par l'Université de Tours, le projet IROMEC ou encore le robot. iCat, robot sollicitant l'échange d'émotion. L'équipe du projet « RobAutisTIC » a également développé un robot à forme non humanoïde, « Gipy », pour améliorer les interactions entre l'enfant autiste et le thérapeute. Le robot est donc utilisé comme un médiateur dont les caractéristiques sont adaptables. Le but est toujours d'inciter l'enfant à interagir avec le thérapeute s'il désire faire fonctionner le robot.

Les enfants autistes ne comprennent pas les expressions faciales, ciment même de l'étape sensori-motrice essentielle au développement. Ayant plus de facilités à se concentrer sur les objets aux caractéristiques immuables qu'aux visages siège d'expressions complexes, à échanger avec un robot aux attitudes ritualisées plutôt que des comportements imprévisibles. L'idée est donc d'utiliser ces outils pour cibler des scénarios « pédago-thérapeutiques » afin d'aider ces sujets à développer progressivement une meilleure interaction sociale. Dans la thèse de Maud Simon « L'Enfant face à des expressions robotiques et humaines », la chercheuse observe que « l'utilisation d'un robot expressif peut aider les enfants autistes à exprimer des émotions hors d'un face-à-face humain souvent difficile ». Elle démontre que la joie du robot fait sourire comme celle de l'humain, citons Robins & Dautenhah (2012) dans le projet AURORA : « Une fois confirmé, un tel résultat ouvre des possibilités d'évaluation des capacités empathiques des enfants avec autisme, plus rassurés par les machines ».

La robotique s'est appuyée sur la théorie de l'inscription corporelle de l'intelligence et du comportement, exposée et argumentée par un certain nombre de philosophes (Merleau-Ponty, 1942, 1962 ; Dreyfus and Dreyfus, 1982), qui proposait que le corps ne soit pas seulement une interface mais bien partie intégrante des mécanismes de l'intelligence. Cette théorie, reprise par les sciences cognitives, est à l'initiative d'un certain nombre d'expériences en robotique qui l'articulaient et l'illustraient. Les robots apparaissent comme possédant un caractère d'êtres animés, dotés d'intentions (Premack, 1990), ils sont donc considérés comme des partenaires sociaux potentiels et attirant l'attention. En raison du fait que les robots peuvent être adaptés à chaque enfant (projet de recherche d'IROMEC), le cadre de ces interactions positives peut permettre aux thérapeutes de leur faire travailler l'imitation gestuelle et faciale (Nadel et *alii*, 2004), le jeu libre (Dautenhahn et Werry, 2004), la conscience de leur corps (Dautenhahn et *alii* 2003), ou l'attention partagée (Duquette et *alii,* 2008) participant ainsi à l'arrêt des comportements stéréotypés. L'enfant prisonnier d'un fonctionnement ritualisé peut ici « s'accrocher » à l'objet robot, que l'on pourra faire évoluer en fonction des exercices que l'on veut soumettre au sujet.

Les robots à physionomie humaine (Qrio, Rubi, Roobovie, Nao, Roboto, Asimo, ICube, etc.) ont l'objectif de provoquer des réactions attentionnelles, motivationnelles et émotionnelles chez ces sujets via l'empathie afin de stimuler des interactions cognitives et

sociales (Breazeal, 2003 ; Chang et *alii*, 2010). L'analyse transactionnelle, quant à elle, permet d'examiner les enjeux qui sont en place dans le triangle intervenant-sujet-robot par les comportements observables et de satisfaire les paramètres ajustables. Ainsi, les IHM ont amené l'idée de « co-thérapie » en créant l'assistant du psychothérapeute.

Projet robotique pédagogique :

La mise en œuvre d'une « pédagogie active » repose sur l'organisation des ressources et de l'environnement d'apprentissage. Une première classification des robots éducatifs, basée sur les différentes finalités pédagogiques, opère une distinction entre robot comme assistant ou compagnon, sujet d'apprentissage et moyen pour un apprentissage différent des approches habituel du scolaire (Tejada, Traft, Hutson et alii, 2006 ; Johnson, 2003 ; Wyeth, Venz & Wyeth, 2004). Une seconde et plus récente classification des robots éducatifs aboutit à une distinction entre matériel d'apprentissage, compagnons d'apprentissage et assistants à l'enseignement (Chang, Lee, Chao et *alii*, 2010).

Un autre aspect de la robotique pédagogique peut se définir comme une méthode d'apprentissage qui consiste à utiliser un microcontrôleur (le cerveau d'un robot), des effecteurs (des moteurs ou des lumières) et des capteurs pour créer un environnement de formation. Les élèves sont appelés à utiliser les ordinateurs pour programmer leurs robots et les animer, dans le but de résoudre des situations problématiques. Ces projets proposent diverses approches lorsqu'il est question d'une pédagogie utilisant la robotique : l'approche lunette cognitive (Nonnon 1989). Dans l'approche technologique, les systèmes utilisés sont généralement des représentations réduites, le plus fidèle possible, de robots employés dans les entreprises. L'objectif est d'amener l'apprenant à acquérir des savoir-faire dans le pilotage de robots ou de machine outils en utilisant des langages informatiques spécialisés et adaptés.

Les projets sont attractifs et développent l'autonomie, ils permettent l'auto-apprentissage et sont proches de projets industriels. La gestion du temps et des moyens doit être également appréciée. Elle s'adapte parfaitement à une pédagogie par projets. Cette opportunité est la conséquence du mûrissement de nombreuses technologies : électronique, systèmes embarqués, informatique, mécanique, etc. Les recherches sur le développement de stratégies cognitives et sur l'acquisition en laboratoire d'un savoir-faire expérimental dans les secteurs professionnels ont conduit à développer un système d'enseignement qui facilite le transfert d'un mode de raisonnement opératoire concret vers un mode de raisonnement opératoire formel. Cette manière d'opérer constitue l'essentiel de la robotique pédagogique. Cette activité de construction est d'autant plus fertile qu'il s'agit d'une « activé transversale » qui fait intervenir des compétences dans de nombreux domaines : mathématiques, interprétation des données, mécanique, technologique, collaboration, mais aussi plus précisément les sciences physiques pour l'électronique, le dessin technique pour le plan, les arts plastiques pour l'esthétique, la lecture pour la traduction des manuels techniques, l'informatique pour le pilotage du robot, etc.

Dans sa thèse « L'Enfant face à des expressions robotiques et humaines », Maud Simon, qu'elle poursuit d'un article rédigé avec Pierre Canet, Robert, Philippe Gaussier, Jacqueline Nadel, la chercheuse montre que « l'utilisation d'un robot expressif peut aider les enfants autistes à exprimer des émotions hors d'un face-à-face humain souvent difficile. » Elle démontre que la joie du robot fait sourire, comme celle de l'humain, citant ainsi Robins et Dautenhahn : « Une fois confirmé, un tel résultat ouvre des possibilités d'évaluation des capacités empathiques des enfants avec autisme, plus rassurés par les machines que par les humains. » Les enfants autistes sont très fortement motivés par les

interactions avec des robots, plus qu'avec des jouets habituels, et même les enfants refusant d'interagir avec les cliniciens ou les thérapeutes s'engagent dans des interactions avec le robot en leur présence (Dautenhahn et *alii*, 2003 Scassellati, 2005 ; Stanton et *alii*, 2008). D'autres études montrent que les robots peuvent être médiateurs dans d'autres domaines.

Ergonomie des apprentissages

Clinique, cognition et technologie

Lorsqu'une interactivité est créée à partir des nouvelles technologies, elle pose les fondements d'une relation apaisante et stable, une ouverture totale des systèmes pour que les intervenants puissent facilement poser des situations pédagogiques voire thérapeutiques afin de planifier leurs séances. Les psychologues pourraient s'en servir pour certains diagnostics et permettre l'amélioration des supports existants - qui sont parfois à affiner. La relation triadique avec les supports des nouvelles technologies permet de décomposer l'interaction sociale. Il existe une médiation par le robot, où le patient et le thérapeute ne sont pas forcément en face-à-face. En effet, le dialogue peut parfois être vécu comme une dualité et ainsi devenir une source de frustration et d'anxiété chez le sujet. Malgré l'existence de protocoles standardisés (Mullen, 1995), le diagnostic reposent la plupart du temps sur l'appréciation intuitive par les cliniciens des capacités sociales de l'enfant par l'élaboration d'une communication et d'une interactivité qui reste souvent du type action-réaction ?

En effet, on peut imputer une valeur transitionnelle de l'objet-technologique et les répertorier, mais ces objets apparaissent comme une médiation entre la réalité interne et la réalité externe de l'enfant, et l'objectif est donc de l'introduire dans la panoplie des moyens utilisés lors de séances pedagogico-thérapeutique et d'élaborations cliniques. En choisissant d'intégrer les nouvelles technologies dans le jeu de l'enfant, notamment des enfants psychotiques ou des sujets autistes, nous pouvons instaurer un espace qui assurera à l'enfant des repères émotionnels et comportementaux facilement assimilables.

Dans le travail thérapeutique avec l'autiste, l'usage de l'attention conjointe, c'est-à-dire le fait de regarder vers un même objet pour l'enfant et le tiers, et de la mimétique permettent l'amélioration des apprentissages sociaux et cognitifs. Il est conseillé de limiter les stimuli, afin de permettre à l'enfant de conserver des repères stables. Dans ce cadre, l'usage du robot permet de simplifier les interactions en évitant les variations de comportement, atouts et limites au sein du système thérapeutique, des apports possibles en adéquation avec les fonctionnements cognitifs des sujets et de la possibilité d'une perspective systémique où chaque approche puisse être personnalisée et adaptée.

Au fil de leur confrontation aux systèmes robotiques, les différents intervenants devront posséder des clés pour établir une progression en adéquation avec ce qu'il est possible d'obtenir à partir des technologies utilisées. Travailler avec la robotique comporte l'avantage d'une large adaptabilité et d'un vaste horizon de pratiques. Ces pratiques doivent indiquer les technologies pertinentes et traceront le paysage des pratiques qu'il reste à dessiner.

Les systèmes d'apprentissages

Il s'agit d'émettre l'idée d'une discipline qui serait une ergonomie des systèmes d'apprentissage comprenant l'étude de tous les systèmes d'apprentissage et en particulier ceux qui font intervenir les nouvelles technologies. La mise en place de ces systèmes ne peut plus ignorer que cela s'établit dans un contexte socio-pédagogique dont les bases théoriques

conditionnent fortement les effets et résultats reconnus. Le modèle transmissif d'enseignement met l'accent sur la qualité de ce qui est transmis à l'apprenant, la question déterminante étant la transposition didactique. Le fait d'inculquer des comportements, d'acquérir des automatismes, nous place dans la perspective théorique du behaviorisme.

Dès sa naissance, la Robotique éducative semble viser un passage de l'instructionnisme au constructionnisme (Papert, 1980). On assiste ainsi à la naissance de ce qu'on appelle le constructivisme guidé (Lund, 2000), qui établit le cadre épistémologique de la Robotique éducative (Alimisis, 2009 ; Ackermann, 2001). L'instructionnisme renvoie à des pratiques qui sont axées sur l'enseignant, fondées sur les compétences, orientées vers le produit, non-interactives et très prescriptives. Le constructivisme, en revanche, se réfère à des pratiques pédagogiques qui sont axées sur les élèves, basées sur la signification, orientées sur les processus et très interactives (Johnson, 2005). Ces trois grands cadres théoriques constitutifs de la psychologie des apprentissages, sont constitutifs des concepts qui les caractérisent : le behaviorisme (Watson, Skinner), le constructivisme (Piaget), le socioconstructivisme (Vygotski, Bruner).

A l'image d'un concepteur, l'apprenant élabore des projets, des plans, prépare soigneusement les séquences, anticipe les différents stades d'activités, arrange des perfectionnements, élabore des stratégies d'adaptation et de contournement des difficultés, etc. On parle d'ailleurs d'ingénierie pédagogique pour ce type de pratique, qui montre la transformation des approches. Dans le même temps, il œuvre également en artisan, voire en bricoleur, dans un univers relativement ouvert, qui peut dépasser la classe, se débrouille avec les moyens du bord en improvisant avec les opportunités qui se présentent. Il « pense concret », il réfléchit en action, agit sur le matériel et sait réagir en situation. Le fait d'insister sur les mises en activité des élèves à travers lesquelles ils effectuent un travail d'appropriation de connaissances, de maîtrise de savoir-faire a une double référence théorique complémentaire, à savoir le constructivisme et le socioconstructivisme ou sociocognitivisme.

Pour le constructivisme, l'acquisition des connaissances suppose l'activité des apprenants, à savoir une activité de manipulation d'idées, de connaissances et de conceptions. On peut dire que la conception constructiviste de l'apprentissage privilégie la confrontation des apprenants à des situations-problèmes, à la création de conflit cognitif par la confrontation d'un apprenant à une situation problème afin de créer une possible déstabilisation susceptible de provoquer la réorganisation des connaissances ou l'acquisition de nouveaux savoirs et savoir-faire. Par rapport au constructivisme, l'approche socio-cognitive introduit une dimension supplémentaire des interactions, verbalisation, co-construction, échanges et collaboration pour une élaboration sociocognitive des projets. Pour Vygotski, la direction du développement de la pensée va du social à l'individuel en une double construction des fonctions psychiques supérieures, chaque fonction apparaissant deux fois, ou se développant en deux temps : « d'abord comme activité collective, sociale et donc comme fonction interpsychique, puis la deuxième fois comme activité individuelle, comme propriété intérieure de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique » (Vygotski, 1975).

Psychopathologie et IHM

Le défi d'une interaction naturelle entre le sujet et les robots à physionomie humaine (Rio, Rubi, Roobovie, Nao, Roboto, Asimo, ICube, etc.) est de provoquer des réactions attentionnelles, motivationnelles et émotionnelles chez ces sujets via l'empathie afin de stimuler ainsi des interactions cognitives et sociales qui sont supposées favoriser par la suite un accès aux apprentissages scolaires (Breazeal, 2003 ; Chang et *alii*, 2010). L'analyse transactionnelle permet d'examiner les enjeux qui sont en place dans le triangle « intervenant-sujet-robot » par les comportements observables et de satisfaire les paramètres ajustables.

Ainsi, les IHM ont amené l'idée de co-thérapie et prétendraient constituer l'adjuvant du psychothérapeute - Position fragile et affectée, mais il semble qu'il y ait quelque chose à jouer dans ce domaine.

On a vu que la robotique est un outil avantageux, car elle intègre des stimulations sensorielles, fructueuses pour la plasticité cérébrale. Il est répétitif, et présente des taches standardisées, qui peuvent être personnalisés, et assure un suivi de la progression. La difficulté du travail avec les sujets autistes est de contextualiser les apprentissages. Ce qui va être acquis à l'école ne pourra pas forcément être utilisé dans le quotidien des sujets, ce qui reste peut-être préjudiciable pour l'utilisation du robot. Une étude de l'ergonomie, une taxinomie des acquisitions chez les sujets psychotiques qui sont les plus à même de contextualiser les apprentissages reste à élaborer.

Les exercices effectués avec les robots doivent également être repris et continués à la maison. L'encadrant peut ainsi récupérer les données lors de sa reprise de contact et adapter la prise en charge en fonction des résultats, qui peuvent par ailleurs être déjà analysés par des algorithmes et comparés aux données concernant le sujet. Dans le cas des enfants autistes, bien plus qu'une ergonomie des systèmes d'apprentissage, c'est l'ergonomie des situations de travail qu'il nous faut étudier.

La question de la mémorisation

Probabilités et statistique

Les statistiques

Selon l'échelle Dubois-Buyse, 69 mots essentiels recensés dans tous les textes d'au moins 2000 mots constituent environ 50% du texte et qu'en français les mots outils (articles, pronoms, conjonctions, prépositions) représentent la moitié de la majorité des textes, l'autre moitié étant constituée par les « mots pleins » : substantifs, verbes, adjectifs, adverbes. Ils établissent une liste des 45 mots les plus fréquents qu'il faut savoir écrire à la sortie du CP. D'autres listes sont disponibles correspondant chaque fois à un niveau de scolarité. Ces listes sont souvent mises à jour et composent désormais une liste des mots les plus courants de la langue, avec des échelons en fonction de leur difficulté, qu'il faut savoir écrire en fin de primaire.

Un certain nombre de données de cet ordre pourra être développé à partir de notre étude sur les statistiques caractéristiques des bigrammes dans la lecture de mot. On peut, par exemple établir une liste de bigrammes qui seront prépondérants à nos jeunes lecteurs. « La fréquence des mots d'une langue dans le discours est liée à leur structure phonétique, en particulier, le nombre de phonèmes d'un mot dépend de son rang. On peut ainsi observer une tendance générale de toutes les langues, selon laquelle plus un mot est fréquent, plus il est court, c'est-à-dire moins son coût de production est élevé » (Zipf, 1941). La pédagogie des langues, couplée à la statistique lexicale, permet d'établir des lexiques de base. Selon la loi de Zipf, un calcul sur le corpus de « mots ordinaires » donne une constante théorique de 77% des mots du corpus se situant dans une fourchette de 20% de part et d'autre de cette valeur (80% des mots ont moins de cinq occurrences dans le corpus). Le rang est ainsi inversement proportionnel à ce nombre d'occurrences. On remarque que le nombre d'occurrences d'un mot décroît exponentiellement par rapport à son nombre de phonèmes.

D'autres recherches de linguistique quantitative (Peyrard, 1972) démontrent que le nombre de syllabes d'un mot est égal au logarithme de la probabilité d'emploi de celui-ci. De même, Georges K. Zipf a montré que le nombre de significations d'un mot est proportionnel à la racine carrée de sa fréquence.

Mémoire et unité de segmentation

« Les unités de segmentation à l'écrit ne sont pas strictement définies sur le plan linguistique (pas plus d'ailleurs que les unités de segmentation de l'oral, qui sont cependant souvent différentes de celles de l'écrit). Si l'on se place du point de vue du traitement de l'information, rien ne prouve que les mots (c'est-à-dire une suite de signes graphiques entre deux blancs) soient les unités les plus appropriées. » (Golder & Goanac'h, p.16).

La mémoire de travail souvent restreinte ne permet pas d'appréhender la phrase dans sa globalité lorsqu'elle est complexe et longue. Cette mémoire est un instrument fondamental de la cognition. En effet, elle est mise à contribution chaque fois que des informations qui ne sont pas simultanément disponibles doivent être traitées ensemble. Par exemple, lors du traitement d'une phrase orale ou écrite, dans des activités de calcul mental, etc. Une vaste littérature montre que, pendant la lecture, la mémoire de travail est basée sur l'activation de présentations phonologiques (Baddeley, 1993). C'est pourquoi le fait d'avoir à sa disposition de telles représentations va entraîner des conséquences sur l'activité mentale concernant la perception de la parole et le développement du langage.

Perception des graphèmes

Sur les séries où les lettres apparaissent avec une animation simultanée (lecture en même temps que la représentation graphique apparaît à l'écran), l'on devrait s'attendre à une bonne mémorisation, car cette animation reproduit fidèlement l'acte de lecture. Toutefois, on peut s'attendre à ce que l'élève ne fasse plus l'effort de lecture et s'en remette uniquement à sa mémoire auditive pour la mémorisation. C'est la mémoire photographique ou la mémoire visuelle qui serait donc utilisée. L'animation avec apparition lettre par lettre correspond mieux à la mécanique de la lecture et attire l'attention de l'enfant sur le principe essentiel de cette lecture, c'est-à-dire les « associations phoniques ». Si l'apparition des lettres est synchrone avec la lecture, les élèves peuvent la faire correspondre avec la forme sonore du mot reproduisant leur prononciation et montre les meilleurs résultats, est à approfondir. Toutefois, elle demeure très difficile à obtenir.

Dans le cas de la vicariance, l'Activation d'un processus plutôt qu'un autre crée donc une concurrence, qui permet une amélioration et une sélection par essai-erreur et une adaptation à l'environnement. Souvent, les systèmes sont générationnels, les seconds étant souvent les racines, le continuum logique des premiers et peuvent disparaitre ou être conservés selon les sollicitations neuronales, car ils peuvent remplir des fonctions de manière occasionnelle ou exceptionnelle. Ces phénomènes sont clairement explicites dans le déchiffrage et certainement de manière plus soutenue encore dans la lecture-compréhension. Ainsi la pensée opère sa lente mutation d'une situation de raisonnement schématique, imagée à une autre plus subtile et plus complexe par le langage. « La lecture/compréhension peut être définie comme une activité cognitive composée d'un ensemble de processus. Lorsque le lecteur rencontre un mot, il le reconnaît (accès lexical) et active les caractéristiques sémantiques correspondantes (codage sémantique), il s'agit ici des traitements lexicaux. Les mots sont ensuite regroupés en fonction de leur organisation syntaxique (découpage syntaxique), cet assemblage conduit à la formation de propositions (intégration sémantique), il s'agit ici de traitements syntaxiques. Enfin, l'assemblage des propositions conduit à la

constitution d'une représentation du texte, il s'agit ici de traitements textuels. » (Golder & Goanac'h, p.82).

Développement et perception

Fonction dans les apprentissages

« Des mécanismes de correspondance phonologismes orthographiques procèdent à l'appariement du mot écrit avec sa représentation orthographique stockée en mémoire, puis à la récupération des codes phonologique et sémantiques correspondants. Ces mécanismes apparaissent à différents moments de l'apprentissage de lecture (Grégoire et Piérart ,1994 ; Rieben, 1991,1995). Après une utilisation possible de stratégies dites « logographiques », l'apprenti lecteur commence à utiliser le décodage phonologique pour déchiffrer les mots auparavant inconnus. Il ne peut utiliser que plus tard les mécanismes orthographiques» (Lautrey, 1999). Ainsi, si on considère les mécanismes d'identification des mots écrits et les composantes de la MDT, telles qu'elles ont été définies par Baddeley et Hitch (1974), l'accès aux représentations phonologiques des mots écrits s'effectuent essentiellement par deux voies contingentes : une voie phonologique et une voie orthographique (Sprenger Charolle, 1996).

Toutefois, les liens entre les tâches de reconnaissance de mot écrits et les épreuves de mémoire de travail (MDT) ne s'expliquent pas toujours par la nature du codage en jeu. Certaines études semblent dégager la reconnaissance de mots écrits des propriétés et des aptitudes caractéristiques de la mémoire de travail. D'autres encore ont révoqué l'existence de correspondances entre la boucle articulatoire et les mécanismes phonologiques, d'une part, et entre le registre visuo-spatial ainsi que les mécanismes orthographiques d'autre part. D'autres stratégies ou mécanismes restent peut-être à découvrir et à déterminer sur d'autres facteurs éventuels à l'origine de ces différences de fonctionnement.

Modèles de mémoire en lecture

Certains modèles de mémoire de travail vont intégrer l'inhibition dans leurs structures. Conway et Engle, par exemple, proposent un modèle de la mémoire de travail et de ses dispositions comme un système de ressources attentionnelles sollicitées conjointement et isolément notamment pour garantir une fonction d'inhibition des « Informations » non pertinentes (*The Inhibition Resource Hypothesis*, Richardson. Engle, Hasher, Logie, Stoltzfus and Zacks, 1996). Ils démontrent, après une étude sur des sujets à faible empan de mémoire confrontés à des sujets à empan de mémoire élevé, que les compétences divergent de manière notable sur un certain nombre de tâches attentionnelles et ils considèrent notamment que les sujets à empan faible montrent des contre-performances trahissant des processus d'inhibition inefficients.

L'écriture serait également liée à l'inhibition. Certains travaux universitaires (Seigneuric, 1998) ont travaillé ces thèmes chez les enfants dans leurs phases d'apprentissages (Seigneuric). Ces différences de compréhension du langage déterminés par la mémoire de travail ont été distingués chez l'adulte et directement mis en relation avec l'efficience du processus de suppression. Gernsbacher et Faust (1994) proposent de décrire le mécanisme de suppression comme un mécanisme attentionnel. La capacité de mémoire correspondrait donc à un ensemble de ressources attentionnelles assurant une fonction d'inhibition dans la compréhension.

L'effort mis sur l'acquisition des capacités d'assemblage, de façon continue sur deux ou trois années, va se traduire tantôt par des difficultés d'identification des mots, rendant compte du coût d'un transcodage syllabe après syllabe et de la difficulté de maintenir en

parallèles un contrôle « morphémique », c'est-à-dire de l'adéquation de ce qui est lu par rapport au contexte sémantique et grammatical, d'autre part en raison de la difficulté à penser orthographiquement les mots impliquant le passage de fautes « dysphonétique » à des fautes d'allure « dyséidétique » (c'est-à-dire résultant de la mauvaise mise en images des indices phonologiques). Enfin, par un coût attentionnel se traduisant par des erreurs dans la compréhension-rétention en situation de double tâche, lorsque le sujet doit déchiffrer, lire et intégrer les données de texte.

Son fonctionnement

Dans la littérature cognitive ayant travaillé sur la mémoire, Baddeley reste une référence et surtout le premier à avoir proposé un modèle complet avec différents types de mémoires. Selon son modèle, la mémoire de travail est divisée en trois parties : l'administrateur centrale (ou centre exécutif), la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. « Ces différentes mémoires s'expliquent par la quantité de ressources cognitives ou d'énergies cérébrales qu'il est possible de solliciter sur les différentes aires corticales.» En outre, on voit que l'ensemble des domaines qui nous intéresse (attention, capacités visuo-spatial, vitesse d'exécution) est lié à la mémoire et donc plus spécifiquement à l'activité de l'hippocampe, siège de cette mémoire et de la représentation spatiale.

Le rôle d'organisateur de la Mémoire de travail semble d'abord développer les fonctions exécutives (Case, 1992) avec une progression cyclique. Le lobe frontal structure les instruments cognitifs au cours des cycles de l'émergence du langage (et de la pensée symbolique) et du développement d'une logique opératoire (accès aux opérations concrètes).

Dans le modèle de Baddeley et Hitch (1974 ; 1986) la MDT comporte un contrôleur attentionnel qu'ils dénomment « l'administrateur central », actif notamment dans le cas de la lecture : la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial contribue au maintien des informations visuo-spatiales dans la génération d'images mentales. Cette mémoire de travail, élément essentiel du stockage de l'information, véritable zone tampon du traitement des informations, « liant » entre mémoire sensorielle et mémoire à long terme, est un facteur déterminant dans les apprentissages complexe comme la lecture. (Case, 1985 ; Pascual-Leone, 1970. Baddeley et Hitch l'ont parfaitement modélisé.

Partie 3 - Expérience 1 - Logiciel LECTUS

L'analyse globale présente l'ensemble des données mesurées par le dispositif avec une évaluation scientifique des enfants du milieu scolaire ordinaire concernant les difficultés du déchiffrage. Elle ouvrira ensuite sur d'autres tests plus spécifiques, resserrant le focus sur les compétences préalables à l'entrée dans la lecture et le déchiffrage. Afin de mieux comprendre les effets d'échecs et de réussites, nous comparerons les données de notre expérience pour déterminer la contingence suffisante pour la mémorisation.

Matériel et Méthode

Analyse globale

Les difficultés de lecture pour les enfants ordinaires

Les compétences de lecture sont rarement évaluées scientifiquement mais plutôt à travers des grilles de compétences. Toutefois, une évaluation nationale en lecture est réalisée chaque année aux Journées d'appel de préparation à la défense (JAPD). L'utilisation des systèmes d'oculométrie est venue modifier l'approche de ces estimations et affiner un peu la décomposition des compétences propres à la lecture.

Les résultats des évaluations en lecture réalisées au cours des JAPD 2016 permettent de répondre à de nouvelles questions. Les épreuves de cette évaluation imposée aux jeunes de nationalité française de 18 ans ou plus distinguent des difficultés dans trois domaines de compétences : tout d'abord, une mauvaise automatisation des mécanismes responsables de l'identification des mots. Cette difficulté se rattache à une pratique fragile des traitements complexes requis pour la compréhension des documents écrits. Pour l'année 2016, les résultats concluaient que, quel que soit leur niveau de compréhension de l'écrit, 22,7 % des jeunes (27,3 % des garçons et 17,1 % des filles) présentent un déficit des processus cognitifs impliqués dans l'identification automatisés des mots après 14 ans de scolarité. Si ce déficit de fluence concerne la moitié des « compreneurs » médiocres et en grande difficulté, il touche aussi un cinquième des « compreneurs » efficaces.

Notre dispositif propose une évaluation scientifique analogue pour les enfants d'IME ou du milieu scolaire ordinaire concernant les enfants en difficultés sur les apprentissages fondamentaux. En effet, si l'apprentissage de la lecture ne pose aucun problème pour un enfant, il y a peu d'intérêt à tenter de repérer les processus précis de la mise en place de ces compétences. Au mieux, l'analyse précise des situations de travail et de l'efficacité de la mise en place de l'automatisation du déchiffrage pourra apporter quelques investigations et informations aux théories des neurosciences, proposant des modèles de ces apprentissages afin de comprendre au plus juste la mise en œuvre des réseaux de neurones et d'ouvrir sur d'autres tests plus spécifiques, resserrant le focus sur les compétences préalables à l'entrée dans la lecture et le déchiffrage.

Situation interactive

Lors de l'utilisation des logiciels éducatifs, l'on a souvent constaté que les consignes conçues pour orienter l'activité de l'élève ne garantissent pas un cheminement prévisible. Comme tous les modes d'emploi, elles ne sont pas toujours décodées sans ambiguïté. Le logiciel éducatif exige de l'échange avec l'apprenant, qui contribue à son organisation. Les descriptions du fonctionnement des logiciels interactifs font connaître les divers types de messages émis et divers traitements de réponses (acceptation, refus, évaluation à plusieurs niveaux).

Notre étude a interrogé un premier degré d'interactivité. L'utilisation des systèmes d'aides et le retour des données permettant l'analyse de l'utilisation du logiciel, qui agrée une

description des modes d'apprentissages des différents sujets. Cette interactivité demande évidement à être perfectionnée et augmentée (au sens technologique du terme) par des algorithmes et éventuellement un peu d'intelligence artificielle. Un logiciel parfaitement interactif est, par définition, destiné à émettre des messages ou anticiper une réorganisation en vue de modifier les conduites de l'usager et son propre fonctionnement en fonction des informations qu'il peut analyser sur ce dernier, offrant, avec ce perfectionnement, un niveau « implicite » de communication avec le système lors du feed-back de l'utilisateur, tels que des dysfonctionnements conséquents à des suites d'opérations incohérentes. Il semble toutefois que tous les messages ne sont pas indispensables à la communication pédagogique.

Nous avons noté que les exercices de niveau 4 peuvent être abordés sans que l'élève ait complétement terminé le niveau 3. Le logiciel permet de passer un exercice pour se réorienter sur un autre, lorsque l'élève est en situation d'échec, et cette fonction peut être utilisée pour choisir un exercice de niveau supérieur. On voit dans l'analyse que certains ont profité de cette opportunité pour passer directement à un niveau supérieur. Parfois à bon escient, considérant, à juste titre, qu'ils pouvaient accéder directement à ce niveau, car ils avaient intégré la logique de déchiffrage de l'ensemble des types d'exercices qui leur étaient présentés. D'autres élèves, en revanche, ont fait des passages à titre « d'exploration », désirant voir ce que demandaient les niveaux supérieurs en termes de compétences, et l'on observe que les aides sont plus utilisées à un moment où ils en auraient le plus besoin. Le sujet a perdu l'habitude de solliciter ces aides et reste bloqué dans ses difficultés à donner de bonnes réponses, alors que le système d'aide, s'il est intégré, doit permettre de passer d'un niveau à l'autre sans être bloqué.

Le temps de concentration est une valeur que nous pouvons également interroger à partir de certaines données. On voit que, chez certains élèves, cette caractéristique a été prépondérante. L'expérience de base n'a pas été prévue pour ce genre d'analyses, mais certaines données peuvent transparaître à travers les temps de réponses les navigations, etc. L'analyse peut être affinée et plus ciblée à travers ces données pour devenir plus efficace et révéler de vrais déficits dans ces compétences. Le défaut de concentration peut trouver son origine dans différentes sources : lassitude, fatigabilité, trouble face à la difficulté, incompréhension des consignes ou de l'ergonomie du logiciel, etc. Ces nombreuses pistes peuvent également être explorées pour être mieux exploitées par des algorithmes qui vont traiter ces informations.

Statistique globale

Afin de tenter de mieux comprendre les effets d'échec et de réussite, nous pouvons comparer les événements qui peuvent être considérés comme positifs (bonne réponse, bonne utilisation des systèmes d'aides, temps de réponse rapide) avec d'autres plus représentatifs d'un échec des apprentissages. On peut noter alors que l'ensemble des événements lors de l'utilisation du logiciel sont plutôt perçus comme des événements constructifs par les élèves. Les données du logiciel apportent un regard plus nuancé sur cette question. Il semble que l'utilisation de certaines aides (et dans certaines conditions) n'a pas permis de proposer la bonne réponse. Toutefois, ces manipulations peuvent participer à l'automatisation du déchiffrage. En effet, le lien causal ou la compréhension d'une erreur peuvent s'effectuer après validation, c'est-à-dire lors de l'évaluation du logiciel et la notation par l'ordinateur. Les progrès et le perfectionnement du déchiffrage ne peuvent se lire qu'à la fin de l'entraînement.

Que deviendront ces effets d'amélioration et d'automatisation du déchiffrage sur le moyen et le long terme, en particulier pour les enfants en grande difficulté d'apprentissage ? Le maintien de ce bénéfice est en partie conditionné par une pratique plus régulière et plus

fréquente de la lecture, ce que nous ne sommes pas en mesure de contrôler. Les variables qui sont mesurées par le logiciel sont les temps de réponse, le nombre d'aides, le type d'aide, le nombre d'erreurs effectuées par l'utilisateur, le type des erreurs peuvent toutefois en donner un amorçage et une prévision (mais de manière non scientifique).

Nous effectuerons également une analyse des types de séquences : journalières, éparpillées, concentrées ou régulières. L'ergonomie du logiciel va dans ce sens, en favorisant auprès des enfants peu prolifiques en bonnes réponses de multiplier les manipulations et les entrées sensorielles (visuelles, auditives, kinesthésique dans la navigation et l'interactivité du système), multipliant les indices distinctifs dont ils ont besoin pour une entrée dans les apprentissages fondamentaux.

Pour finir, les données peuvent fournir le nombre de N-grammes (bigrammes, 4-grammes, etc..) vus et entendus » pour arriver à un niveau de déchiffrage correct voire expert (reconnaissance quasi immédiate) pour les mots du corpus de l'expérience. Cela permet de fournir à terme une valeur référence pour les élèves du primaire mais également pour les enfants en difficulté. Les données dans les conditions de notre expérience montrent que cette compétence pour les sujets du milieu ordinaire, qui restent un groupe d'élèves en petite difficulté de lecture, varie assez peu et qu'une seule exécution par contingence est suffisante pour la mémorisation et l'intégration. Cette mémorisation s'effectue donc normalement, et les difficultés sont ailleurs. L'automatisation de manière plus globale, si elle avait été mesurée (en couplant notre étude avec des mesures oculométriques), aurait pu sans doute donner davantage d'indice sur les éléments distracteurs de cette mise en place. Nous comptabilisons d'ailleurs un total de trois heures d'entraînement pour la réalisation de 50 exercices au minimum, réalisés par les élèves avec un résultat approchant les 100% de mots reconnus sur cette gamme d'exercices.

L'entraînement à la lecture avec le logiciel basé sur le système des bigrammes produit-il une lecture plus rapide (nombre de saccades, temps des saccades) ? A-t-il un effet sur les bigrammes non connus ? Y-a-t-il une automatisation possible par un entraînement, la « visualisation-écoute » d'un grand nombre de grammes. Les approches classiques du milieu ordinaire et encore d'avantage en IME à cause de la difficulté de manipulation des supports ainsi qu'une vitesse d'exécution relativement faible propose une utilisation restreinte des unités de sons du langage, pour ces enfants présentant des difficultés d'apprentissage ?

Établissement d'une hiérarchie optimisée

Etude du corpus de mots, de l'ensemble des bigrammes convoqués et leur positionnement à l'intérieur des mots de différentes longueurs. Les données permettront de définir s'il y a une accélération de la reconnaissance des bigrammes et/ou des mots, au fur et à mesure de l'assimilation du mode associatif. La mesure des temps de réalisation et le nombre d'erreurs lors de l'entraînement ainsi que l'utilisation de certaines aides seront un indicateur de la mise en place du réseau d'association.

Liste des mots (du logiciel) en partant des bigrammes

Les bigrammes étudiés, afin qu'ils soient le plus profitable possible et ouvrent sur une liste de mots conséquents, seront les plus fréquents selon l'étude réalisée dans le cadre de mon master 2.

La liste des mots de cette partie expérimentale est consultable en Annexe. Elle montre l'ensemble des bigrammes convoqués et leur emplacement par positionnement ainsi que leur

interactivité à l'intérieur des mots de différentes longueurs de l'ensemble des exercices. La répartition des différents exercices est aussi présentée et permet de contrôler le travail effectué par les élèves en rapport à l'ensemble du logiciel.

Analyse du déchiffrage

Pour exprimer ces théorisations de manière plus pragmatique, nous pouvons penser que le fait de reconnaître certains mots va accélérer le déchiffrage d'autres mots comportant les mêmes racines ou de paires de lettres. Pour les mêmes racines, on peut prendre l'exemple de suites identiques comme « rive », « rivale », « rivalise », « rivalisera » ou, pour une suite composée, les mots « tire » et « lire » qui vont par association logique accéder au déchiffrage de « tirelire ». Également en début et fin de mot comme « cale » ; « locale » ou « mari ; maritime ». En revanche, dans le cas de certains troubles de l'apprentissage, on peut s'attendre à ce qu'une série de paires de lettres qui trouve sa résolution pour un mot ait tendance à figer le déchiffrage plutôt qu'à ouvrir les différents champs sonores possibles.

L'enregistrement de l'entraînement mesure l'efficience et la vitesse d'acquisition des différents bigrammes puis des différents mots. Les données permettront de définir s'il y a une accélération de la reconnaissance des bigrammes puis des mots, au fur et à mesure que l'assimilation de l'association se met en place. La mesure des temps de réalisation et le nombre d'erreurs lors de l'entraînement ainsi que l'utilisation de certaines aides qui devrait s'amoindrir seront un bon indicateur de la mise en place du réseau d'association. Un test final pourra permettre de confronter les mots comportant les mêmes configurations (partage d'un maximum de paires de lettres) afin de comparer leurs données chronométriques. Le réseau de reconnaissance se mettant en place pour certains bigrammes devrait faciliter l'émergence du réseau complet sur la base du même type de codage, les éléments se renforçant les uns les autres. Une schématisation des différentes progressions doit montrer cette dynamique de l'apprentissage avec leurs variations selon les sujets.

Lorsque nous avons une série complète : V+A=VA ; L+I=LI ; D+E=DE ; VA+LI=VALI ; LI+DE=LIDE ; VA+LI+DE=VALIDE, le fait de connaître la trame complète et surtout finale va amener les apprentissages suivants à anticiper la finalisation du processus et donc faciliter les apprentissages qui ne se feront pas de manière isolée mais comme élément d'un ensemble qui doit former un réseau, une compétence. Il semble que ce soit justement cet élément de métacognition qui soit à l'origine de ces infortunes. Les sujets n'intégrant pas la finalité du processus après les premiers apprentissages - et parfois même après de nombreux exercices. La logique combinatoire n'est ni saisie ni comprise. La métacognition fait partie de l'apprentissage et consiste à avoir une représentation mentale de ses propres processus mentaux et de leur niveau de compétence. En sciences de l'éducation, le terme désigne la composante du savoir d'un individu qui concerne les processus mêmes du savoir (acquisition, perpétuation, modification), en quelque sorte « ce qu'il sait de sa façon de savoir ». Après un premier cycle d'apprentissage complet, un second cycle devrait se faire plus rapidement, et surtout plus solidement, puisque s'intégrant dans un réseau complet d'associations parfaitement fonctionnel. La proposition d'un second cycle de paires (même plus rares ou plus complexes), qui sera présentée aux sujets ayant parfaitement réussi la première partie, devrait confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Interactivité des apprentissages

Un nombre de paires minimales connues (CV) doit être nécessaire pour la reconnaissance des mots les intégrant, en fonction de leur positionnement, à savoir les débuts de mot, les fins de mot ou la totalité du mot selon les types de bigrammes (PAPA). Chaque assimilation de paires va ouvrir des champs de possible au niveau de la lecture. Pour les

esprits alertes, les mots seront automatiquement déduits, pour d'autres, des exercices mettant en évidence l'application de ces associations sera nécessaire, en plus ou moins grande quantité selon les difficultés rencontrées.

On peut aussi croiser les éléments RADE et PAPI permettent de lire RAPIDE. Est-ce que VALISE ET RIDE permettent VALIDERA même s'il manque le son RA ? De même, on a SALADE qui permet de passer à SOLIDE, si le réseau devient autonome et crée des automatismes spontanés relatifs à un bon fonctionnement, sinon les deux mots devront être appris séparément, et leur proximité ne se révèlera qu'ultérieurement. Le passage par la phonétique ne se fait donc pas de manière optimale, ce qui peut se divulguer comme une forme de surcharge cognitive.

On fera la statistique des temps nécessaires pour l'apprentissage des paires de 2, 4,6 lettres en comparant les 6 lettres comportant des antécédents dans les paires de 2 et 4 lettres à ceux qui n'en ont pas. Quelques mots se dégagent par le fait que nous avons une progression linéaire (FINE, FINALE, FINALISE) qui vont plutôt faire appel à la mémorisation et à l'automatisation du déchiffrage et d'autres beaucoup moins comme JUVENILE et POLARISA

Présentation du dispositif

Présentation du logiciel et du cahier d'exercice. Choix du support standard Microsoft PowerPoint pour la plateforme expérimentale et du langage VBA. Les variables restituées sont : Nombre de navigations par solution/erreur, Temps moyen de solution, Nombre d'erreurs, Type d'erreurs, Nombre de bigrammes réussis, Nombre de bigrammes échoués, Utilisation des aides, Types d'aides, Nombre de bigrammes vus, et entendus, Nombre de bigrammes reconnus, Nombre d'option « recommence » un exercice.

Choix des établissements :

L'utilisation du logiciel LECTUS (Laboratoire d'Entrainement Cognitif au Traitement des Unités de Sons) a demandé un certain nombre de présentation, de formation et de collaboration. Une première étude de faisabilité est nécessaire à la mise en place du protocole expérimental. En effet, les marges de manœuvre des enseignants sont souvent maigres, et ils ont un programme scolaire qu'ils doivent respecter. Ainsi, la mise en place demande de nombreux aménagements et surtout une implication supplémentaire des enseignants. Les établissements doivent être dotés de salle informatique dont la configuration permet d'accepter les logiciels qui doivent être installés. Le nombre de postes doit être suffisant, et surtout le programme ne peut supporter qu'un élève par poste. La compatibilité a constitué un vrai problème, les versions des systèmes d'exploitation nécessitant souvent des adaptations très longues voire des reprogrammations du logiciel. La nécessité d'utiliser des casques un par poste complique également le dispositif ainsi que la question de la responsabilité et de l'accord parental, sans oublier l'implication des mairies.

Une récente mesure gouvernementale a également compliqué la tâche. La gestion des parcs informatiques des écoles étant désormais imputée aux communes et par les services de la DSI, ces dernières ont ordonné la suppression de toutes les licences et donc des systèmes d'exploitation compatible avec mon logiciel qui correspondait à la configuration classique des écoles jusqu'alors. Egalement, tous les équipements sont passés en logiciel libre, et surtout la maintenance des parcs informatiques a été laissée en déshérence, ce qui a rendu très vite les machines peu performantes puis obsolètes et non opérationnelles. Ainsi, nous avons rencontré bon nombre d'écoles, de mairies et d'inspecteurs de circonscriptions qui ont été très favorables à la mise en place du dispositif mais n'en avait plus les moyens matériels.

Présentation des élèves

Le choix des élèves n'a pas été arbitraire non plus. Pour le protocole expérimental de thèse, l'idée est une étude comparative entre des élèves en milieu ordinaire et des élèves en milieu spécialisé. De plus, les études seront croisées avec un logiciel A qui va présenter une liste X d'entraînement et un logiciel B qui va présenter une liste Y d'exercices. Ces études vont permettre d'effectuer des évaluations croisées afin de les comparer. On effectue une évaluation initiale des élèves en difficulté de lecture avec les directeurs d'établissement, afin de définir une liste de sujets qui correspondent au niveau exigé pour effectuer l'étude. Le niveau ne doit être ni trop faible ni trop élevé. Globalement, cela correspond à des élèves qui sont dans la découverte de la lecture, soit la phase de déchiffrage, association de lettres pour un son, association de sons pour un mot. Tous les élèves en difficulté de lecture, groupe contrôle et groupe entraîné, ont passé alors des tests individuels au début du logiciel pour vérifier les connaissances des noms et des sons des lettres.

L'expérience a été effectuée sur un groupe d'élèves qui rencontraient des difficultés dans l'apprentissage de la lecture. Les sujets sont des élèves de l'école catholique privée « Le Sacré-Cœur ». Ils viennent de différentes classes préparatoires et ont passé en tout six séances dans la salle informatique, durant lesquelles ils ont travaillé et testé le logiciel. Lors de la première séance, je leur ai expliqué le fonctionnement global du logiciel ainsi que les différentes possibilités d'aide. Les élèves ont un âge standard pour leur scolarité. Ils sont six élèves au total : quatre garçons, deux filles respectivement renommées pour l'expérience Victor, Etienne, Anaïs, Mathieu, Gwenaelle et Laurent.

L'analyse des données d'un sujet (Victor) n'a pas pu être finalisée, car les données n'étaient pas assez volumineuses. Le recueil des données et leur analyse nécessitent un certain volume d'exercices effectués pour afin d'être pertinent et de mesurer les pratiques et les progressions à l'intérieur du logiciel. Victor est un élève en très grande difficulté. Dans un premier temps, il avait accepté l'utilisation du logiciel, même si cela lui posait plus de difficultés qu'aux autres élèves. Après quelques minutes, l'enfant s'est braqué et n'a plus voulu utiliser le logiciel sinon pour une utilisation hasardeuses qui étaient inexploitables.

Les autres élèves se sont plutôt bien investis dans l'ensemble. La version fournie était peu attractive et distrayante, mais le plaisir de réussir des exercices les a suffisamment motivés pour tenir ces six séances. Au-delà, il semble que les élèves auraient pu manquer de motivation pour continuer le protocole. Nous verrons dans l'analyse que celui-ci reste encore inadapté pour ces enfants en échec scolaire et qui rencontrent souvent des difficultés de concentration et de motivation.

Présentation du logiciel

Chaque élève créé son compte et s'identifie en début de session. Après avoir saisi son Login, l'utilisateur débouche sur cette première page qui présente le cahier d'exercice. L'élève peut revenir à tout moment sur ce cahier qui lui présente l'ensemble des exercices disponibles, les exercices effectués sont présentés en vert et ceux qui ont été échoués en rouge, les exercices restants libres sont présentés en bleu.

Figure 13 - page d'accueil du logiciel LECTUS



La page d'accueil est la page d'ouverture du logiciel. L'utilisateur peut cliquer sur la diapositive pour passer à l'étape suivante qui est celle du tutoriel et de l'animation du sigle LECTUS. Il peut aussi choisir de passer toute l'introduction en cliquant sur la flèche en bas à droite et passer directement à l'étape du login. Le fond de diapo est une œuvre qui expose les différents éléments de la nature qui représentent naturellement les lettres de l'alphabet.

Figure 14- page d'animation du sigle LECTUS



Cette page d'animation est une transition vers la diapositive de tutoriel. Elle présente le sigle de LECTUS qui signifie Laboratoire d'Entrainement Cognitif pour le Traitement des Unités de Sons.

Figure 15 -Diapositive tutoriel du logiciel



Cette diapositive présente le fonctionnement du logiciel. Un pointeur animé, représenté ici par une flèche rouge, simule les différentes manipulations pour faire défiler les lettres, solliciter les différents systèmes d'aides et valider les réponses. Ensuite le tutoriel montre comment choisir l'exercice suivant, recommencer un exercice, récupérer la nomenclature du cahier d'exercice ou quitter le logiciel.

Figure 16 - page de login du logiciel LECTUS



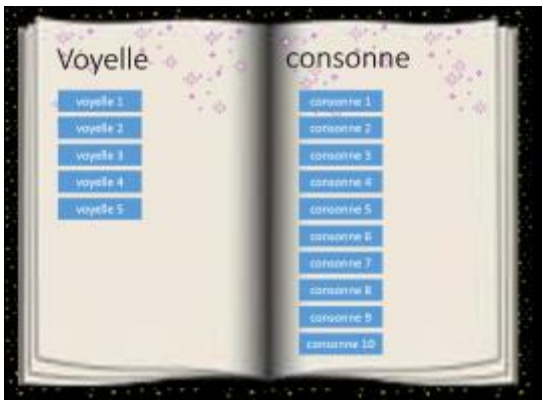
Cette diapositive permet simplement de se logger. C'est à partir du clic de validation du login que le cahier est chargé et dessiné par l'ordinateur en allant chercher dans le dossier « résultat » l'ensemble des exercices réalisés ou échoués de l'utilisateur.

Figure 17 -présentation du cahier d'exercice de l'élève



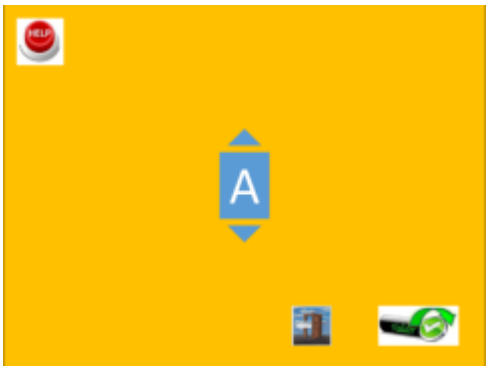
Ensuite, au premier clic ou mouvement tactile pour tourner la page, il ouvre son cahier d'exercice et peut choisir une rubrique d'exercices.

Figure 18 - Feuille Exercice Consonne-Voyelle -



Généralement, il commence par le début, un test qui permet de vérifier la connaissance des sons de consonnes et voyelles, mais il peut modifier cette navigation pour sauter cette étape par exemple.

Figure 19 - Exercice consonne -



En cliquant sur suivant, l'élève passe d'exercice en exercice sans avoir besoin de revenir au menu.

Figure 20 - Cahier d'exercices -



En fonction de son résultat, une note /10 lui est attribuée. À l'intérieur du logiciel, une note bien plus précise évaluée sur 100 est enregistrée. En cas de mauvaise réponse, l'utilisateur peut recommencer ou choisir un autre exercice.

Figure 21 - Diapositive Bonne Réponse -



Figure 22 - diapositive mauvaise réponse -



Si l'élève clique sur la lettre, il entend le son qui correspond. S'il clique sur le haut-parleur, il obtient le son du bigramme correspondant. Il n'entend sa composition écrite que lors de la validation. Il doit conceptualiser lui-même le mot pour anticiper sa réponse.

Figure 23 - diapositive exercice bigramme -

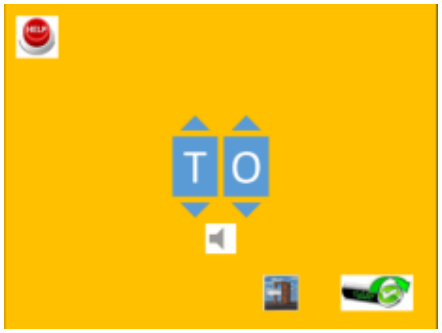


Figure 24 - diapositive exercice 4-grammes -



Les difficultés augmentent les aides sont toujours là, leurs manipulations sont scrupuleusement enregistrées et analysées.

Figure 25 - diapositive exercice 6-grammes -

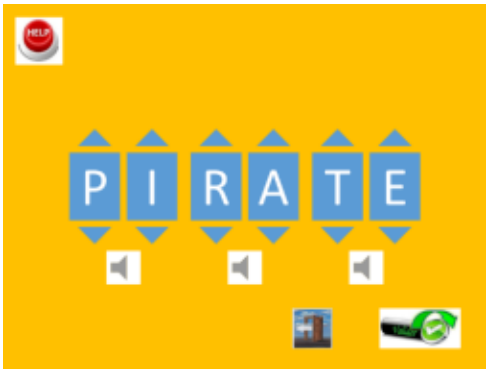
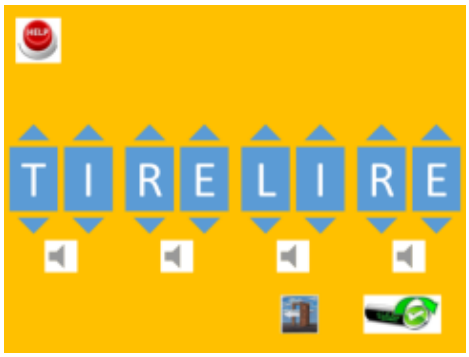


Figure 26 - diapositive 10-grammes -



À tout moment, l'utilisateur peut quitter le logiciel, tout reste automatiquement enregistré.

Figure 27 - Diapositive sortie du logiciel -



Ergonomie du système

Pour des raisons de commodité et de compatibilité, nous avons choisi d'utiliser le support standard Microsoft PowerPoint pour élaborer notre plateforme expérimentale, puisque c'est un logiciel que l'on retrouve très fréquemment dans les configurations d'ordinateur. Aussi, le langage utilisé pour la programmation sera-t-il en conséquence le Visual Basic for Application (VBA). Ce choix nous permet de nous soustraire au travail que demanderait la composition d'une interface graphique. Ce langage informatique n'est pas le plus simple ni le plus dynamique, mais il va permettre de proposer une version assez moderne de l'interface et de récupérer les données dont nous avons besoin pour notre analyse.

À cette fin, nous avons élaboré une approche spécifique du déchiffrage qui se caractérise par la pratique d'un dispositif informatique adapté. Nous les présentons sur une plate-forme d'entraînement aux relations grapho-phonémiques, sous la forme d'un logiciel qui comporte toutes les assistances nécessaires à ce type de public. Un programme permet l'enregistrement de la navigation et de toutes les manipulations de l'utilisateur. Les variables que propose de restituer le système sont : Nb de navigations par solution/erreur, Tps moyen de solution, Nb d'erreurs, Type d'erreurs, Nb de bigrammes réussis, Nb de bigrammes échoués, Utilisation des aides, Types d'aides, Nb de bigrammes vus, Nb de bigrammes entendus, Nb de bigrammes reconnus, Nb de « recommence ».

L'ensemble de la structure interactive du logiciel détermine le processus de traitement et de transformation des informations relatives à un apprentissage. Son rôle est d'autant plus important que l'élève affronte une sous- tâche de maîtrise du dispositif et d'exécution par son intermédiaire de la tâche principale. Les entraînements ne sont pas limités dans le temps et

sont considérés comme effectués lorsque le sujet a réalisé l'ensemble des exercices (90% des 120 exercices, c'est-à-dire environ 10 séances de 30 minutes).

Les logiciels d'entraînement gardent la structure de livre ouvert, en combinant consonnes et voyelles avec incrémentation de Nbloc, selon le nombre de lettres du mot et le bouton de validation, lorsque l'utilisateur veut valider sa réponse. Les sons ne sont prononcés que lorsque lors de la consigne et lorsque le sujet sollicite les aides qui sont alors comptabilisées. Le logiciel A utilisé comprend toutes les voyelles et les consonnes propres [D,L,M,Z,V], pour le tronc propre et [P,R,S,T] pour le tronc commun aux deux logiciels, puisqu'une partie de l'expérience comprend une version B du logiciel. Les pré-tests pour vérifier le niveau de déchiffrage sont vus avec l'enseignant puis repérés sur le logiciel avec les sessions « voyelle » et « consonne ».

Résultat de l'expérience 1

Résultat de l'expérience et analyse des données principales des sujets avec les données par niveau d'exercice, les données globales, les données niveau d'exercice, la statistique bonne/mauvaise réponse par exercice, les bonnes/mauvaises réponses en %, les données évènements par exercice, les données globales en %.

Nous allons présenter les données par sujet et faire l'analyse de leurs contenus. Aussi nous exposerons les totaux par catégories et le calcul des pourcentages des éléments de navigations ainsi que des systèmes d'aides. Un calcul permettra d'éditer un taux de réussite afin de comparer les différentes données analysées afin de déterminer le poids de chacune dans la réussite des exercices. Nous cherchons a savoir si un élément en particulier peut déterminer pour l'ensemble des sujets un critère de réussite ou si chaque sujet peut présenter des caractéristiques spécifiques de réussite. Aussi, nous comparerons les éléments récurrents ainsi que les particularités à l'intérieur des données pour indiquer les différents facteurs de réussite.

Analyse des données principales de Mathieu

Nous commencerons par le tableau des activités :

Tableau 1 - données globales Mathieu par mois

Mathieu	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%	% aide
NB d'événements	2491	587	237	3315		549
NB navigation	1961	461	196	2618	79%	
NB aide bigramme	144	22	9	175	5%	32%
NB aide consigne	227	38	12	277	8%	50%
NB aide lettre	80	15	2	97	3%	18%
NB connexion	3	2	1	6	0%	
NB valider	140	35	9	184	6%	
NB recommencer	80	20	8	108	3%	

Le nombre d'événements est le nombre total d'actions sur le logiciel qui contient donc le nombre de connexions, navigations, aides, validations et recommencer qui consiste à refaire un exercice qui a été échoué. Les « NB aide » correspondent aux nombres d'aides du logiciel qui ont été sollicitées et sont comptabilisées par type d'aide : une aide sur le son des lettres, une aide pour le son de paires de lettres, les bigrammes et une aide pour répéter la consigne,

c'est-à-dire le son ou le mot qui est à trouver. Les exécutions sont partitionnées par mois pour noter l'évolution au fil de l'utilisation afin de percevoir des conséquences sur les apprentissages. Il faut noter que, selon les mois, le nombre de séances n'est pas identique, c'est pourquoi les valeurs sont souvent ramenées en termes de pourcentages. Un pourcentage global des activités est calculé ainsi qu'un pourcentage exprimant la répartition des aides, afin d'estimer visuellement quels sont les types d'aides que le sujet a sollicité.

Pour ce sujet, on voit que la navigation constitue la majeure partie de l'activité totale (3618 navigation pour un nombre d'événements de 3315). Les aides sont sollicitées de manière assez déséquilibrée, puisque la moitié est dévolue au rappel des consignes. Un grand nombre d' « aides bigramme » (32%) indique aussi une bonne utilisation du système mais un grand nombre de d'aides est mobilisé pour rappeler le son d'une lettre (18%), ce qui montre une certaine fragilité dans la construction des apprentissages. On peut noter aussi le grand nombre de « recommencer » (80) lors des séances du mois de mars, qui a tendance à s'effondrer les mois suivants (20 puis 8). Le nombre de « NB valider » (184) correspondant à une proposition de réponse de l'élève, on peut y voir une correspondance au nombre d'exercices effectués. Les résultats pourront montrer si cela correspond à une réussite ascendante ou, au contraire, à un renoncement face à la difficulté.

Le tableau récapitulatif des résultats :

Tableau 2 - données niveau d'exercice Mathieu par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%
NB ex0	0	5	0	5	3%
NB ex1	0	5	1	6	3%
NB ex 2	110	8	1	119	65%
NB ex 3	30	15	6	51	28%
NB ex 4	0	2	1	3	2%
Total NB ex	140	35	9	184	

Ce tableau présente le nombre de bonnes réponses enregistrées par type d'exercice catégorisé par niveau. Comme expliqué lors de la présentation du matériel les niveaux correspondent globalement au nombre de bigrammes contenu dans le son ou le mot[29] et donc à un niveau de difficulté. Les résultats permettent de mettre en évidence quelques grandes tendances sur les apprentissages soit 65% des exercices de niveau 1 et 28% des exercices de niveau 2. Les lignes montrent une grande diminution du nombre d'exercices réalisés au fil des séances (110 ; 8 ; 1) qui peut être plus globalement analysée avec la présentation en pourcentage avec les données suivantes.

Tableau 3 - statistique bonne/mauvaise réponse Mathieu par exercice

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%
NB BonRepex0	0	5	0	5	3%
NB MvsRepex0	0	0	0	0	0%
NB BonRepex1	0	1	0	1	1%
NB MvsRepex1	0	4	1	5	3%

[29] Le niveau 0 correspond aux voyelles, le niveau 1 aux consonnes, le niveau 2 aux bigrammes, le niveau 3 aux mots comportant deux bigramme et le niveau 4 aux mots comportant 3 bigrammes.

NB BonRepex2	49	3	0	52	28%
NB MvsRepex2	62	5	1	68	37%
NB BonRepex3	24	2	1	27	15%
NB MvsRepex3	5	13	5	23	13%
NB BonRepex4	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex4	0	2	1	3	2%
Total	140	35	9	184	

NB BonRepex : Nombre de bonne réponse pour le niveau X, NB MvsRepex : Nombre de mauvaise réponse pour le niveau X

Ce tableau reprend les valeurs du tableau précédent et ne vise pas à comparer les réussites des différents niveaux d'exercices mais le ratio de bonnes et mauvaises réponses par niveaux. Nous voyons également une diminution des mauvaises réponses qui se trouvent en très grand nombre au mois de mars, notamment dans les « NB MvsRepex2 » (nombre de mauvaises réponses des exercices de niveau 2, c'est-à-dire reconnaissance de bigrammes) qui chiffrent 62. On peut noter 13 également « NB MvsRepex3 » (nombre de mauvaises réponses des exercices de niveau 3, c'est-à-dire reconnaissance de mots de 4 lettres, soit 2 bigrammes), qui est moins conséquent et plus justifié par un niveau de difficulté supérieur.

Les derniers points concernent la répartition des exercices. La majorité des réalisations sont des exercices niveau 2 avec 65% ainsi qu'un élément singulier, qui est la réalisation de 24 bonnes réponses et 5 mauvaises réponses dans les exercices de niveau 3 pour le mois de mars, qui passe à 2 bonnes réponses et 13 mauvaises réponses en avril. Ces résultats sont à mettre à la lumière des valeurs des sollicitations des systèmes d'aides, qui sont en forte chute également, et à analyser de plus près avec les données détaillées du logiciel sur ces exercices précis. On peut cependant déjà observer que la dernière séance ne comporte qu'une seule bonne réponse.

Les deux tableaux suivants montrent la répartition des exercices à l'intérieur des mois de mars, avril, mai puis de manière globale. On peut ainsi confirmer le pic de bonnes et mauvaises réponses des exercices de niveau 2 pour le mois de mars (35% et 44%) avec le premier tableau et noter ainsi d'importantes valeurs pour les mauvaises réponses des exercices de niveau 3 en avril et mai (37% et 56%) qui viennent corroborer les analyses de fragilité des acquis.

Tableau 4 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Mathieu

en fonction du mois	MARS	AVRIL	MAI	Total
NB BonRepex0	0%	14%	0%	5%
NB MvsRepex0	0%	0%	0%	0%
NB BonRepex1	0%	3%	0%	1%
NB MvsRepex1	0%	11%	11%	8%
NB BonRepex2	35%	9%	0%	15%
NB MvsRepex2	44%	14%	11%	23%
NB BonRepex3	17%	6%	11%	11%
NB MvsRepex3	4%	37%	56%	32%
NB BonRepex4	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex4	0%	6%	11%	6%

De manière plus globale, dans la colonne « Total » de ce même tableau, nous observons que la grosse valeur concerne les mauvaises réponses en exercices de niveau 3 avec 32%, puis les mauvaises réponses en exercices de niveau 2 avec 23% - et seulement arrivent les bonnes réponses en exercices de niveau 2.

Sur le Tableau 5- données évènements par exercice de Mathieu, nous pouvons lire les valeurs recueillies de manière plus précise. Nous pouvons ainsi lire que le nombre d'exercices par séance a largement chuté (46,67 ; 17,50 ; 9,00). En couplant avec la lecture du tableau 2, nous voyons que cette baisse n'est pas due à la difficulté des exercices. Elle ne peut être imputée qu'à une fatigabilité ou un désinvestissement des exercices au fil des executions.

Nous pouvons également lire que le nombre de clics de navigation dans la recherche des sons a nettement augmenté lors de la dernière séance. Le tableau récapitulatif ne permet pas de dire si cette augmentation est due à un ou plusieurs exercices en particulier mais symbolise une tendance globale. Toutefois, bien que les résultats soient en baisse, on note que les aides lettre ne sont plus sollicitées (0,57 ; 0,43 ; 0,22) et que seul le rappel de la consigne reste stable (1,62 ; 1,09 ; 1,33).

Tableau 5- données évènements par exercice de Mathieu

Taux par exercice	MARS	AVRIL	MAI
NB exercice/séance	46,67	17,50	9,00
NB navigation	14,01	13,17	21,78
NB aide bigramme	1,03	0,63	1,00
NB aide consigne	1,62	1,09	1,33
NB aide lettre	0,57	0,43	0,22
NB recommencer	0,57	0,06	0,11
Coeff réussites des ex	100%	-53%	-122%
Coeff difficulté	2,21428571	2,11428571	2,77777778

Le coefficient de réussite des exercices résume bien l'évolution du sujet dans le logiciel d'apprentissage qui est clairement négative. Ce coefficient :

Équation 1- calcul du coefficient de réussite

=((B17-B18)+((B19-B20/2)*2)+((B21-B22/2)*3)+((B23-B24/2)*4)+((B25-B26/2)*5))/B9

est calculé en fonction des exercices réussis et des exercices échoués en attribuant un coefficient en fonction de la difficulté[30]. Le coefficient de difficulté ne prend pas en compte le nombre d'exercices mais indique dans l'ensemble des exercices choisis le niveau de difficulté. On observe que le niveau est plutôt constant avec une toute légère hausse pour le mois de mai. Ces données permettent d'indiquer que la chute de résultat n'est pas due à un niveau de difficulté supérieur des exercices.

[30] Voici dans le détail le calcul de la cellule qui vient chercher les valeurs relatives dans le tableau 2. On peut clairement y deviner les noms de cellules allant chercher les valeurs NB BonRepexZ et NB MvsRepexZ :
=((B17-B18)+((B19-B20/2)*2)+((B21-B22/2)*3)+((B23-B24/2)*4)+((B25-B26/2)*5))/B9

Tableau 6 - données en % par mois de Mathieu

	MARS	AVRIL	MAI
NB d'évènement	100%	100%	100%
NB navigation	79%	79%	83%
NB aide bigramme	6%	4%	4%
NB aide consigne	9%	6%	5%
NB aide lettre	3%	3%	1%
NB connexion	0%	0%	0%
NB valider	6%	6%	4%
NB recommencer	3%	3%	3%
Efficacité	109%	47%	26%

Ce dernier tableau, le tableau 6, permet de résumer les activités du logiciel en termes de pourcentage. On y voit clairement s'amenuiser les indices de sollicitations aux aides (6% ; 4% ; 3%), débouchant sur une forte baisse des résultats (109% ; 47% ; 26%). On peut ainsi noter la valeur d'« efficacité » calculée à partir des indices de pourcentage du tableau 3 auxquels des coefficients identiques pour chaque sujet ont été affectés, permettant ainsi un comparatif sur l'ensemble de l'expérience. La formule de calcul du coefficient d'efficacité est :

Équation 2- calcul du coefficient' d'efficacité

$$=I17+I19+(I21*2)+(I23*2,3)+(I25*2,5)/((I18*3)+(I20*2)+(I22*1,7)+(I24*1,3)+I26)$$

Nous voyons qu'elle passe de 109 à 47 pour finir à 26, signifiant que l'efficacité du logiciel pour ce sujet n'est pas efficiente. L'observation directe de l'élève a permis de constater que le caractère expérimental ainsi que la monotonie, pour des raisons protocolaires, du logiciel dans cette version[31] ont fini par provoquer un sentiment d'ennui. En tout état de cause, et pour finaliser l'analyse des données de sujet Mathieu, nous pouvons dire que les sons et mots suivants ont été trouvés et sont donc connus. Sur le Tableau 78 - score des bonnes réponses de Mathieu - présentés en Annexe, nous observons 65 mots reconnus avec une moyenne de 91.8pts/100.

Analyse des données principales de Laurent,

Nous commencerons par le tableau des activités :

Tableau 7 - données globales de Laurent par mois

Laurent	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%	% aide
NB d'événements	1899	947	301	3147		78
NB navigation	1748	900	281	2929	93%	
NB aide bigramme	4	4	0	8	0%	10%
NB aide consigne	31	16	8	55	2%	71%
NB aide lettre	14	0	1	15	0%	19%
NB connexion	3	2	1	6	0%	
NB valider	75	19	8	102	3%	
NB recommencer	27	8	3	38	1%	

[31] Il existe une première version du logiciel sous un aspect plus didactique et ludique. Chaque niveau correspond à des univers cosmique et l'élève évolue dans son espace « LECTUS » au fil des planètes qui correspondent à son évolution. Ce logiciel avec un design futuriste a été testé avec succès auprès d'élèves de maternelle, de CP et d'IME. Les aménagements respectant un protocole expérimental n'ont pas permis de conserver le caractère ludique qui motivait les élèves en difficultés.

Le nombre total d'actions sur le logiciel est inférieur à celui du sujet précédent, et l'on observe que les valeurs sont également en baisse au fur et à mesure de l'utilisation du logiciel. Toutefois l'analyse va montrer un profil tout à fait différent. Les aides sont sollicitées de manière assez déséquilibrée également, puisque plus de la moitié encore (71% de l'aide) est dévolue au rappel de consigne. Un faible nombre d'aides bigramme et lettres indique une mauvaise optimisation des outils, mais les sollicitations *crescendo* sont plus équilibrées. On peut noter aussi des valeurs plus équilibrées du nombre d'actions « recommencer » (27 ; 8 ; 3)

Le tableau récapitulatif des résultats :

Tableau 8- données niveau d'exercice Laurent par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB ex0	0	0	0	0	0%
NB ex1	0	0	0	0	0%
NB ex 2	71	2	3	76	74%
NB ex 3	4	18	5	27	26%
NB ex 4	0	0	0	0	0%
Total NB ex	75	20	8	103	

Les résultats montrent ici une tendance plutôt timide sur les apprentissages. Au fil des séances, nous passons d'une majorité d'exercices de niveau 2 (71 ; 2 ; 3) qui laisse progressivement la place à des exercices de niveau 3 en nombre plus restreint (4 ; 18 ; 5), ce qui peut être expliqué par le fait que ces exercices sont plus compliqués à réaliser. Finalement, 76% d'exercice de « niveau 2 » ont débouché sur 26% d'exercices de « niveau 3 ». On voit qu'il n'y a pas de papillonnage sur les niveaux, ce qui montre que le suivi de la progression proposée par le logiciel a été respecté et peut laisser espérer une progression ascendante.

Tableau 9 - statistique bonne/mauvaise réponse Laurent par exercice

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB BonRepex0	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex0	0	0	0	0	0%
NB BonRepex1	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex1	0	0	0	0	0%
NB BonRepex2	46	0	1	47	46%
NB MvsRepex2	25	2	2	29	28%
NB BonRepex3	4	12	4	20	19%
NB MvsRepex3	0	6	1	7	7%
NB BonRepex4	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex4	0	0	0	0	0%
Total	75	20	8	103	

Nous voyons également un équilibre entre les bonnes et les mauvaises réponses sur la fin du cycle. La répartition entre les bonnes et mauvaises réponses semble plus équilibrée - et surtout plus centrée sur les exercices de niveau 2 (47 ; 29) et 3 (20 ; 7). Quel que soit le niveau, on voit que le rapport bonne réponse et mauvaise réponse reste constant.

Tableau 10 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Laurent

en fonction du mois	MARS	AVRIL	MAI	Total
NB BonRepex0	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex0	0%	0%	0%	0%
NB BonRepex1	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex1	0%	0%	0%	0%
NB BonRepex2	61%	0%	13%	24%
NB MvsRepex2	33%	11%	25%	23%
NB BonRepex3	5%	63%	50%	39%
NB MvsRepex3	0%	32%	13%	14%
NB BonRepex4	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex4	0%	0%	0%	0%

Sur ce dernier tableau, nous observons la régularité de la progression sur les mois de mars et avril avec des valeurs quasi identiques se reportant sur les mois de mars et avril pour les niveaux 2 (61% ; 31%) et 3 (63% ; 32%). Finalement, les exercices ayant obtenu les plus de réponses positives en termes de pourcentage sont les exercices de niveau 3 avec un score de 39%. Les bonnes réponses de niveau 2 sont aussi en bonne position avec 24% suivi immédiatement du score de 23% pour les mauvaises réponses de niveau 2 qui sont surtout dévolues au début d'utilisation du logiciel.

Tableau 11 - données évènements par exercice de Laurent

Taux par exercice	MARS	AVRIL	MAI
NB exercice/séance	25,00	9,50	8,00
NB navigation	582,67	450,00	281,00
NB aide bigramme	1,33	2,00	0,00
NB aide consigne	10,33	8,00	8,00
NB aide lettre	4,67	0,00	1,00
NB recommencer	9,00	4,00	3,00
Coeff réussites des ex	155%	174%	175%
Coeff difficulté	2,05333333	3,05263158	2,625

Sur le tableau suivant, nous pouvons lire les valeurs plus précises de l'évolution par mois sur les actions à l'intérieur du logiciel. Nous pouvons ainsi lire que le nombre d'exercices par séance a largement chuté à partir d'avril (25 ; 9,5 ; 8) . En couplant avec la lecture du tableau 2, nous voyons que cette baisse est cette fois due à la difficulté des exercices. Toutefois, il semble que cela ne suffise pas complètement à expliquer les chiffres du logiciel. L'utilisation des aides s'amenuise mais peut correspondre à une évolution des acquis et de la connaissance du logiciel. Les valeurs importantes se trouvent en fin de tableau, où l'on peut lire que les coefficients de réussite des exercices suivent une courbe ascendante (155 ; 174 ; 175) malgré le fait que le coefficient de difficulté augmente au fur et à mesure de la pratique.

Tableau 12 - distribution des données en % par mois de Laurent

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL
NB d'événements	60%	30%	10%	1
NB navigation	60%	31%	10%	1
NB aide bigramme	50%	50%	0%	1
NB aide consigne	56%	29%	15%	1
NB aide lettre	93%	0%	7%	1
NB connexion	50%	33%	17%	1
NB valider	74%	19%	8%	1
NB recommencer	71%	21%	8%	1
%exerparséance	0,59	0,22	0,19	42,50

Ce Tableau 12montre sur les deux premières lignes que les rapports entre événement et navigation restent stable sur les mois de mars avril et mai. Le niveau d'aide bigramme tombe à 0 pour le dernier mois. Ce résultat reste cohérent, car ces éléments très utilisés lors des séances précédentes ont pu être intégrés.

Tableau 13 - données en % par mois de Laurent

	MARS	AVRIL	MAI
NB d'évènement	100%	100%	100%
NB navigation	92%	95%	93%
NB aide bigramme	0%	0%	0%
NB aide consigne	2%	2%	3%
NB aide lettre	1%	0%	0%
NB connexion	0%	0%	0%
NB valider	4%	2%	3%
NB recommencer	1%	1%	1%
Efficacité	135%	145%	140%

Ce tableau montre plus clairement la ligne évolutive du sujet. On voit que le nombre d'aide bigramme (0%) devient insignifiant par rapport à l'ensemble des évènements comme l'ensemble des aides ; les données importantes sont les valeurs d'efficacité qui, contrairement au premier sujet, restent franchement positives et stables tout au long de l'expérience (135 ; 145 ; 140). Finalement, on observe que la liste des mots reconnus ou/et appris est profuse et qu'elle correspond avec les données d'utilisation du logiciel. Nous présentons en annexe le

Tableau 82 - score des bonnes réponses de Laurent - avec les valeurs de points correspondant au niveau de réussite.

Nous observons que 67 mots ont été trouvés avec une moyenne de 90.68pts/100 et que les mots de 4 lettres reconnus comportent un certain nombre de bigrammes qui ne faisaient pas partie des exercices de « niveau 2 » de la première partie de l'expérience.

Analyse des données principales d'Anaïs

Nous commencerons par le tableau des activités :

Tableau 14 - données globales d'Anaïs par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%	% aide
NB d'évènement	1623	1022	479	3124		198
NB navigation	1412	876	418	2706	87%	
NB aide bigramme	1	11	7	19	1%	10%
NB aide consigne	85	33	9	127	4%	64%
NB aide lettre	5	29	18	52	2%	26%
NB connexion	3	2	1	6	0%	
NB valider	92	53	20	165	5%	
NB recommencer	28	20	7	55	2%	

Le nombre total d'action sur le logiciel est inférieur aux sujets précédents, et on observe que les valeurs des aides sont plutôt bien réparties (85, 33, 9 ; 5, 29, 18) et que le nombre de navigation est réduit au profit du nombre de validations, c'est-à-dire de propositions d'exercices. Les grandes valeurs concernent les « aide consigne » (127) et les « aide lettre » (52). Nous observons un nombre conséquent également de « recommencer » (55), qui signifie que la plupart des exercices ayant obtenus une mauvaise réponse ont été réitérés. Le tableau présent n'indique pas si les solutions ont été trouvées à partir du système d'aide. Seule une étude approfondie permettrait de vérifier cette hypothèse.

Le tableau récapitulatif des résultats :

Tableau 15 - données niveau d'exercice Anaïs par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB ex0	0	6	0	6	4%
NB ex1	0	13	0	13	8%
NB ex 2	63	0	2	65	41%
NB ex 3	30	19	8	57	36%
NB ex 4	0	11	8	19	12%

Les données montrent ici des résultats très positifs sur les apprentissages. Sur chaque séance, nous avons différents niveaux d'exercices qui ont été effectués - les exercices de niveau 2 et 3 pour le mois de mars puis les exercices de niveau 0, 1, 3, 4 pour le mois d'avril. Enfin les exercices de niveau 3 et 4 ont été plus ciblés lors de la dernière session. Finalement, 41% d'exercices de niveau 2 ont conduit sur 36% d'exercices de niveau 3, pour finir sur 12% de niveau 4. La progression ascendante semble être respectée.

Tableau 16 - statistique bonne/mauvaise réponse Anaïs par exercice

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB BonRepex0	0	6	0	6	4%
NB MvsRepex0	0	0	0	0	0%
NB BonRepex1	0	12	0	12	8%
NB MvsRepex1	0	1	0	1	1%
NB BonRepex2	45	0	2	47	29%
NB MvsRepex2	18	0	0	18	11%
NB BonRepex3	18	13	8	39	24%
NB MvsRepex3	12	6	0	18	11%
NB BonRepex4	0	4	3	7	4%
NB MvsRepex4	0	7	5	12	8%
Total	93	49	18	160	

Le nombre total de 160 exercices semble conséquent. Nous observons que les valeurs hautes concernent les bonnes réponses de niveau 2 et de niveau 3 (mot de 4 lettres). Toutefois, les réponses des mots de 6 lettres restent à valeur faible avec plus de mauvaises réponses (12) que de bonnes réponses (7). La conclusion démontre que, même avec une progression nette et logique, lorsque le nombre d'éléments augmente et que de nouvelles difficultés apparaissent.

Tableau 17 - tableau bonne/mauvaise réponse en % d'Anaïs

en fonction du mois	MARS	AVRIL	MAI	Total
NB BonRepex0	0%	11%	0%	4%
NB MvsRepex0	0%	0%	0%	0%
NB BonRepex1	0%	23%	0%	8%
NB MvsRepex1	0%	2%	0%	1%
NB BonRepex2	49%	0%	10%	21%
NB MvsRepex2	20%	0%	0%	7%
NB BonRepex3	20%	25%	40%	30%
NB MvsRepex3	13%	11%	0%	9%
NB BonRepex4	0%	8%	15%	8%
NB MvsRepex4	0%	13%	25%	13%

Les pourcentages montrent les hautes valeurs pour les sessions de chaque mois, avec les bonnes réponses en exercices 2 avec 49 % pour le mois de mars et les 25% du niveau 3 pour le mois d'avril. Enfin, une dernière session porte le niveau 3 à 40% et un niveau 4 (mot de 6 lettres) à 25%.

Tableau 18 - données évènements par exercice d'Anaïs

Taux par exercice	MARS	AVRIL	MAI
NB exercice/séance	30,67	26,50	20,00
NB navigation	470,67	438,00	418,00
NB aide bigramme	0,33	5,50	7,00
NB aide consigne	28,33	16,50	9,00
NB aide lettre	1,67	14,50	18,00
NB recommencer	9,33	10,00	7,00
Coeff réussites des ex	170%	135%	203%
Coeff difficulté	2,34782609	2,1509434	3

Sur le tableau, nous observons les valeurs précises de l'évolution par mois sur les actions à l'intérieur du logiciel. Nous pouvons ainsi lire que le nombre d'exercices par séance reste quasiment constant (30 ; 26 ; 20) même avec la progression de la difficulté. Il est normal qu'il y ait une baisse significative, car un exercice de 4 ou 6 est deux à trois fois plus long à résoudre (en termes de clic de navigation pour incrémenter les bonnes lettres qui forment les bons bigrammes) qu'un exercice simple de niveau 2.

Nous pouvons noter avec surprise que le coefficient de réussite des exercices est très élevé et résiste à la difficulté pour figurer au plus haut lors de la dernière session avec un score explosif de 203%... Les aides bigrammes par exercices vont en augmentant avec la difficulté montrant une bonne utilisation des aides qui peut ne pas être insignifiante sur la tenue des bons résultats de progression. Le coefficient de difficulté (2,34 ; 2,15 ; 3),

confirmant l'analyse des données précédentes, montre que la session de mai présente une moyenne honorable de niveau « 3 »

Tableau 19 - distribution des données en % par mois de Anaïs -

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL
NB d'événements	52%	33%	15%	1
NB navigation	52%	32%	15%	1
NB aide bigramme	5%	58%	37%	1
NB aide consigne	67%	26%	7%	1
NB aide lettre	10%	56%	35%	1
NB connexion	50%	33%	17%	1
NB valider	56%	32%	12%	1
NB recommencer	51%	36%	13%	1
%exerparséance	0,40	0,34	0,26	77,17

Les deux premières lignes du tableau montre que le nombre d'évènements est relié à la navigation. Nous observons également que l'essentiel de l'aide consigne se concentre sur mars (67%), tandis qu'avril voit surtout les aides lettre (56%) et aides bigrammes. (58%). Ces aides subsistent en mai (37 ; 35) dans une moindre mesure mais en restant la notification dominante. Le nombre d'exercices par séance reste honorablement élevé (0,4 ; 0,34 ; 0,26), ce qui montre peu de signe de fatigabilité ou de lassitude. La dynamique des résultats pouvant avoir opéré une motivation.

Tableau 20 - données en % par mois d'Anaïs -

	MARS	AVRIL	MAI
NB d'événements	100%	100%	100%
NB navigation	87%	86%	87%
NB aide bigramme	0%	1%	1%
NB aide consigne	5%	3%	2%
NB aide lettre	0%	3%	4%
NB connexion	0%	0%	0%
NB valider	6%	5%	4%
NB recommencer	2%	2%	1%
Efficacité	143%	150%	262%

Les chiffres de l'efficacité sont impressionnants comparativement aux sujets précédents. Nous observons une efficacité dès les premières séances qui va *crescendo* pour finir en apothéose à 262% - les aides étant de plus en plus sollicitées à mesure que la difficulté augmentait présenté en Annexe p285. On observe une liste des mots retrouvés très impressionnante et surtout très disparates sur le niveau des exercices. Nous observons que 89 mots ont été trouvés au total (46+43) avec une moyenne de 91.01pts/100 et que les mots de 4 et 6 lettres ont été trouvés, quel que soit leur relation avec les bigrammes appris en début d'expérience.

Analyse des données principales d'Étienne

Tableau 21 - données globales d'Etienne par mois -

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%	% aide
NB d'événements	1916	753	221	2890		256
NB navigation	1570	670	201	2441	84%	
NB aide bigramme	55	0	0	55	2%	21%
NB aide consigne	63	29	2	94	3%	37%
NB aide lettre	106	0	1	107	4%	42%
NB connexion	3	2	1	6	0%	
NB valider	85	37	14	136	5%	
NB recommencer	37	17	3	57	2%	

Les chiffres montrent une bonne répartition de l'utilisation des aides pour ce sujet. Les « aides bigrammes » et « aide lettre » ont surtout été utilisées pendant les premières sessions du mois de mars (55 et 106). Seules les aides consignes continuent à être utilisées en avril puis assez peu au mois de mars, mais les chiffres restent standard aux vues du nombre d'exercices effectués. La fonction « recommencer » est de moins en moins utilisée mais reste présente (37 ; 17 ; 3). La valeur de 84% pour le nombre de navigation est dans la moyenne. Le tableau récapitulatif des résultats :

Tableau 22- données niveau d'exercice Etienne par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%
NB ex0	1	0	0	1	0%
NB ex1	8	0	0	8	4%
NB ex 2	91	0	1	92	43%
NB ex 3	53	20	0	73	34%
NB ex 4	7	18	13	38	18%
Total NB ex	160	38	14	212	

Comme pour le sujet précédent, les conclusions montrent des résultats très positifs sur les apprentissages. Des exercices différents ont été effectués à travers les différentes sessions en respectant la progression du logiciel. L'ensemble des exercices est effectué dès les premières sessions du mois de mars. Pour le mois d'avril, les efforts sont concentrés sur les exercices de niveau supérieurs 3 et 4 avec 20 et 18 exercices. La dernière session du mois de mai travaille uniquement les exercices de niveau 4. Finalement, 43% d'exercices de niveau 2 ont conduit à 34% d'exercices de niveau 3 - pour finir sur 18% de niveau 4. La progression est donc très satisfaisante et demande d'être analysée plus profondément en intégrant les résultats.

Tableau 23 - statistique bonne/mauvaise réponse Etienne par exercice

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB BonRepex0	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex0	1	0	0	1	0%
NB BonRepex1	2	0	0	2	1%
NB MvsRepex1	6	0	0	6	3%
NB BonRepex2	50	0	0	50	24%
NB MvsRepex2	41	0	1	42	20%
NB BonRepex3	40	8	0	48	23%
NB MvsRepex3	13	12	0	25	12%
NB BonRepex4	0	10	7	17	8%
NB MvsRepex4	7	8	6	21	10%
Total	160	38	14	212	

Le nombre total de 212 exercices semble relativement élevé. Nous observons que les hautes valeurs concernent les bonnes réponses de niveau 2 et de niveau 3 avec 50 et 48 mais qu'il reste une part importante de mauvaises réponses en niveau 2 (42), qui peut avoir participé à la consolidation des apprentissages. Les réponses des exercices de niveau 4 restent en deçà des mauvaises réponses mais présentent 17 mots reconnus. L'ensemble montre que, même avec des difficultés, les solutions et les bonnes réponses se mettent en place. Reste à savoir si ces bonnes réponses sont dues à l'intégration de l'automatisation du déchiffrage ou à l'utilisation des aides.

Tableau 24 - tableau bonne/mauvaise réponse en % d'Etienne

en fonction du mois	MARS	AVRIL	MAI	Total
NB BonRepex0	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex0	1%	0%	0%	0%
NB BonRepex1	2%	0%	0%	1%
NB MvsRepex1	7%	0%	0%	2%
NB BonRepex2	59%	0%	0%	15%
NB MvsRepex2	48%	0%	7%	14%
NB BonRepex3	47%	22%	0%	18%
NB MvsRepex3	15%	32%	0%	12%
NB BonRepex4	0%	27%	50%	20%
NB MvsRepex4	8%	22%	43%	19%

Les pourcentages montrent une grosse activité de bonnes réponses en exercice 2 avec 59 % pour les sessions du mois de mars. Le mois d'avril se concentre sur les niveaux plus difficiles avec un chiasme des valeurs, puisqu'il y a davantage de mauvaises réponses (32) que de bonnes réponses (22) aux exercices de niveau 3 mais plus de bonnes réponses (27) que de mauvaises (22) aux exercices de niveau 4. La logique aurait voulu voir une progression montrant des résultats inverses. Enfin, une dernière session porte le niveau 4 à 50% de bonnes réponses, ce qui représente la grande valeur parmi les sujets.

Tableau 25 - données évènements par exercice d'Etienne

Taux par exercice	MARS	AVRIL	MAI
NB exercice/séance	28,33	18,50	14,00
NB navigation	523,33	335,00	201,00
NB aide bigramme	18,33	0,00	0,00
NB aide consigne	21,00	14,50	2,00
NB aide lettre	35,33	0,00	1,00
NB recommencer	12,33	8,50	3,00
Coeff réussites des ex	238%	103%	132%
Coeff difficulté	3,54705882	3,56756757	3,85714286

Sur le tableau suivant, nous pouvons observer que le nombre d'exercices par séance reste assez constant (23 ; 18 ; 14) avec la progression de la difficulté. L'utilisation des aides se concentre en début d'apprentissage (75 en mars) pour s'amoindrir par la suite (15 puis 3 pour avril et mai). Le rappel de consigne reste peu utilisé, ce qui montre une bonne mémorisation de la consigne.

Nous pouvons noter avec surprise que le coefficient de réussite des exercices est majoritairement élevé lors des premières sessions du mois de mars (238) pour décliner quelque peu par la suite des apprentissages, tout en restant très honorable avec 132% sur la dernière séance où, nous l'avons vu, ce sont surtout des exercices de niveau 4 qui ont été travaillés. Le coefficient de difficulté est immédiatement élevé dès les premières sessions du mois de mars avec 3,54 et continue de monter dans la suite des apprentissages, pour un apogée de 3.85, dans la dernière session.

Tableau 26 - distribution des données en % par mois de Etienne

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL
NB d'événements	66%	26%	8%	1
NB navigation	64%	27%	8%	1
NB aide bigramme	100%	0%	0%	1
NB aide consigne	67%	31%	2%	1
NB aide lettre	99%	0%	1%	1
NB connexion	50%	33%	17%	1
NB valider	63%	27%	10%	1
NB recommencer	65%	30%	5%	1
%exerpourexperience	0,47	0,30	0,23	60,83

Ce tableau confirme que les bigrammes sont essentiellement utilisés en mars ainsi que les « aides lettre » (100 et 99%). Les aides consignes (67 ; 31, 2) et la fonction « recommencer » (65 ; 30 ; 5) baissent de manière significative, montrant une certaine intégration qui permet de se libérer de ces aides nécessaires en début d'expérience. Les valeurs du nombre d'exercices par séance restent dans la moyenne.

Tableau 27 - données en % par mois d'Etienne -

	MARS	AVRIL	MAI
NB d'événements	100%	100%	100%
NB navigation	82%	89%	91%
NB aide bigramme	3%	0%	0%
NB aide consigne	3%	4%	1%
NB aide lettre	6%	0%	0%
NB connexion	0%	0%	0%
NB valider	4%	5%	6%
NB recommencer	2%	2%	1%
Efficacité	228%	156%	227%

La répartition de la navigation sur l'ensemble de l'expérience est très équilibrée et ne révèle rien de spécifique au niveau de l'analyse. On peut simplement noter les valeurs de l'efficacité, qui sont très élevée en début d'expérience (228), baissent un peu au mois d'avril (156), tout en restant très honorable puis retrouvent les valeurs très élevées (227) du début de l'expérience, en mai. Nous observons que 110 mots ont été trouvés au total, avec une moyenne de 93.98pts/100, et que les mots de 4 et 6 lettres ont été trouvés, quelle que soit leur relation avec les bigrammes appris en début d'expérience. On observe une impressionnante liste des mots retrouvés, très disparates en ce qui concerne le niveau des exercices dans le tableau présenté en annexe.

Analyse des données principales de Gwenaelle

Nous commencerons par le tableau des activités :

Tableau 28 - données globales de Gwenaelle par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%	% aide
NB d'événements	1019	494	583	2096		87
NB navigation	887	443	499	1829	87%	
NB aide bigramme	5	0	0	5	0%	6%
NB aide consigne	22	7	5	34	2%	39%
NB aide lettre	2	14	32	48	2%	55%
NB connexion	3	2	1	6	0%	
NB valider	75	20	36	131	6%	
NB recommencer	28	10	11	49	2%	

Les chiffres exposent plutôt une mauvaise répartition de l'utilisation des systèmes d'aides pour Gwenaelle. Les « aides bigrammes » n'ont quasiment pas été sollicitées (5), et les « aides lettres » sont plutôt surutilisées (48), et surtout peu mobilisées en début d'apprentissage et fortement utilisées à partir d'avril, ce qui correspond à une progression inversée. Les aides consignes présentent un fonctionnement plus valide - ainsi que la fonction « recommencer ». Le nombre de navigations est correct en début d'expérience (887 en 3 session) pour exploser, le dernier mois, avec 499 en une seule session. Au total, nous avons 55% du système d'aides qui concernent l'« aide lettre », ce qui est assez unique pour être remarqué.

Le tableau récapitulatif des résultats :

Tableau 29 - données niveau d'exercice Gwenaelle par mois

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	%
NB ex0	0	0	5	5	4%
NB ex1	0	7	21	28	21%
NB ex 2	69	0	0	69	53%
NB ex 3	6	13	10	29	22%
NB ex 4	0	0	0	0	0%
Total NB ex	75	20	36	131	

Les résultats sont plutôt contrastés et ne correspondant pas à la logique de progression du logiciel. Les premières sessions sont plutôt correctes avec 69 exercices différents de niveau2 et 6 de niveau 3. Les résultats du mois de d'avril sont déjà plus contrastés, puisqu'on y trouve 13 exercices de niveau 3 et 7 de niveau1. Enfin, et surtout, la dernière session présente 10 exercices de niveau 3 (mot de 4 lettres) et dans le même temps 21 exercices de niveau1 (son d'une consonne) et 5 de niveau 0 (son d'une voyelle). Peut-être que les résultats illustrant des échecs sur les exercices de niveau 3 ou éventuellement de niveau 2 vont pouvoir éclairer le comportement face aux apprentissages. Finalement, 53% d'exercices de niveau 2 ont conduit à 22% d'exercices de niveau 3. Avec les valeurs de 25% (21+4) de niveau 0 et 1 nous obtenons plutôt un ensemble bien réparti.

Tableau 30 - statistique bonne/mauvaise réponse Gwenaelle par exercice

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL	
NB BonRepex0	0	0	5	5	4%
NB MvsRepex0	0	0	0	0	0%
NB BonRepex1	0	3	6	9	7%
NB MvsRepex1	0	4	15	19	15%
NB BonRepex2	45	0	0	45	34%
NB MvsRepex2	24	0	0	24	18%
NB BonRepex3	1	5	10	16	12%
NB MvsRepex3	5	8	0	13	10%
NB BonRepex4	0	0	0	0	0%
NB MvsRepex4	0	0	0	0	0%
Total	75	20	36	131	

Le nombre total de 131 exercices reste modeste mais correct à la lecture des résultats. La répartition sur l'ensemble des sessions est équilibrée, avec toutefois un trou pour le mois d'avril, même s'il est à noter, à la vue du tableau XX, qu'il manque la deuxième session par rapport aux autres sujets au mois d'avril. C'est précisément à partir de ce moment qu'intervient le déséquilibre comme une rupture dans la continuité. On ne note pas d'échec important dans la réalisation des exercices en début d'expérience, contrairement à ce que l'on pouvait craindre (45 BR et 24 MR), les écarts sont plus resserrés lors de la pratique des exercices 3 en avril, mais le phénomène plus surprenant est de voir 15 mauvaises réponses en exercice de niveau 1 lors de la dernière session. Si l'on observe le cumul, on voit que nous totalisons plus de mauvaises réponses en niveau 1 qu'en niveau 3, bien que ceux-ci aient été pratiqués en fin de parcours.

Tableau 31 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Gwenaelle

en fonction du mois	MARS	AVRIL	MAI	total
NB BonRepex0	0%	0%	14%	5%
NB MvsRepex0	0%	0%	0%	0%
NB BonRepex1	0%	15%	17%	11%
NB MvsRepex1	0%	20%	42%	21%
NB BonRepex2	60%	0%	0%	20%
NB MvsRepex2	32%	0%	0%	11%
NB BonRepex3	1%	25%	28%	18%
NB MvsRepex3	7%	40%	0%	16%
NB BonRepex4	0%	0%	0%	0%
NB MvsRepex4	0%	0%	0%	0%

On peut lire dans ce tableau que 65% des exercices en avril ont ciblé le niveau 3 (avec 40% de réussite), alors que la dernière cible le niveau 1 pour 59% avec 42% de mauvaises réponses. Finalement, nous avons une répartition très homogène qui n'est pas signe de progression uniforme et ascendante, avec des valeurs qui se partagent entre 11 et 21% pour l'ensemble de bonnes et mauvaises réponses des exercices du niveau 1 à 3.

Tableau 32 - données évènements par exercice de Gwenaelle

Taux par exercice	MARS	AVRIL	MAI
NB exercice/séance	25,00	10,00	36,00
NB navigation	295,67	221,50	499,00
NB aide bigramme	1,67	0,00	0,00

NB aide consigne	7,33	3,50	5,00
NB aide lettre	0,67	7,00	32,00
NB recommencer	9,33	5,00	11,00
Coeff réussites des ex	124%	30%	117%
Coeff difficulté	2,08	2,3	1,41666667

Les analyses sont confirmées par ce tableau qui présente des déséquilibres dans la progression. On le voit par les données du nombre d'exercices par séance (25 ; 10 ; 36), du nombre de « recommencer » par séance (9 ; 5 ; 11) et surtout du coefficient de réussite d'exercices (124 ; 30 ; 117). Tout cela donne un coefficient de difficulté qui fonctionne à l'envers, puisqu'il régresse pour partir de 2.08 et finir à 1.41, qui est le niveau le plus faible sur l'ensemble des données.

Tableau 33 - distribution des données en % par mois de Gwenaelle

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL
NB d'événements	49%	24%	28%	1
NB navigation	48%	24%	27%	1
NB aide bigramme	100%	0%	0%	1
NB aide consigne	65%	21%	15%	1
NB aide lettre	4%	29%	67%	1
NB connexion	50%	33%	17%	1
NB valider	57%	15%	27%	1
NB recommencer	57%	20%	22%	1
%exerparséance	0,35	0,14	0,51	71,00

Ce tableau comparatif entre les mois montre des données en forme de parabole avec des minimums dans quasiment tous les domaines pour le mois d'avril. Les dernières valeurs, qui indiquent le nombre d'exercices réalisés dans le mois par rapport à l'ensemble des exercices, montrent un pic pour la dernière session (0,51). Pic caractérisé, comme analysé précédemment, par des mauvaises réponses dans des exercices de niveau assez faible.

Tableau 34 - données en % par mois de Gwenaelle

	MARS	AVRIL	MAI
NB d'événements	100%	100%	100%
NB navigation	87%	90%	86%
NB aide bigramme	0%	0%	0%
NB aide consigne	2%	1%	1%
NB aide lettre	0%	3%	5%
NB connexion	0%	0%	0%
NB valider	7%	4%	6%
NB recommencer	3%	2%	2%
Efficacité	123%	73%	94%

La répartition des événements sur l'ensemble de l'expérience reste déséquilibrée et ne révèle rien de plus au niveau de l'analyse. Les valeurs de l'efficacité sont plutôt en régression (123 ; 73 ; 94) en raison du niveau très faible des exercices. On voit encore une fois un sujet qui n'utilise pas les aides bigrammes et perd ainsi toute l'efficacité du logiciel dans la conception de ses apprentissages. Les éléments « recommencer » restent pourtant stables mais faible (3 ; 2 ; 2). On observe une liste de 75 mots retrouvés, avec une moyenne de 93.93, ce qui reste correct comme moyenne mais avec assez peu de mots trouvés :

Discussion

La Discussion s'attache à l'analyse individuelle à partir des données de Mathieu et Anaïs pour la distribution des réponses, des temps de réponses, des graphiques statistiques temps/bonne réponse, des graphiques statistiques temps/mauvaise réponse La navigation a été étudiée et montrent l'utilisation du rappel de consigne et/ou du système d'aide.

Analyse par individus

Les listes de mots

L'observation des données montre que la plupart des sujets ont compris l'utilisation du logiciel en se les appropriant plus ou moins bien. Nous proposons de conduire une étude parallèle du sujet en plus grande réussite avec le sujet le moins expert afin de voir si les données de navigation et de niveau de réponse peuvent déjà apporter un éclairage sur ce qui a pu être déterminant dans ces deux approches différentes. Voici donc les graphiques présentant les données de temps de réponse et de navigation des deux sujets ayant le moins bien et le mieux réussi, soit respectivement Mathieu et Anaïs. Sur la série avec classement par ordre alphabétique des données de Mathieu, nous obtenons :

Nous pouvons observer, grâce à cette disposition, que tous les mots qui ont été trouvés sont des mots qui ne comportaient que des bigrammes qui avaient été reconnus, donc vus et entendus, la première partie de l'expérience avec les exercices de niveau 2. Les mots qui comportaient des bigrammes non travaillés n'ont pas été validés, mais les données sont trop faibles pour affirmer un lien direct de cause à effet.

Tableau 35 - classement alphabétique des données BR d'Anaïs

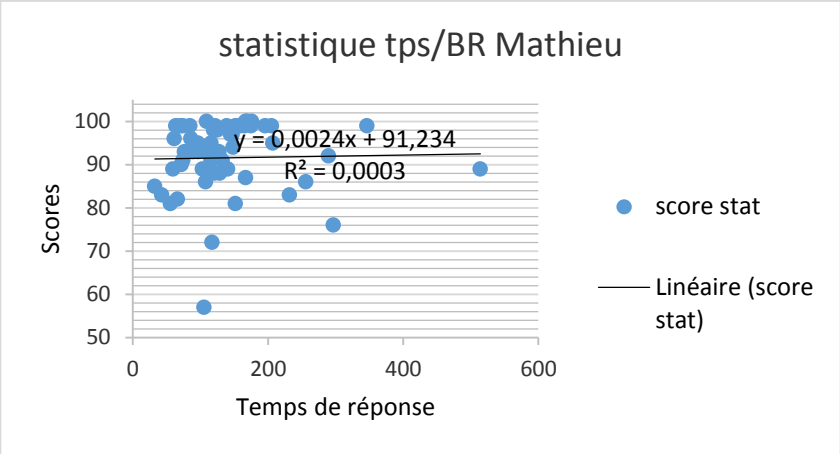
DI	DAME	SA	LUNE	PO	NADINE
RE	DEMI	PU	LOVE	ME	VIDERA
RO	LAMA	RU	MIDI	VI	DOMINO
DE	RIVE	LE	ROSE	TO	SONORE
PA	DATE	RA	MINE	DA	SONORE
SE	DUNE	MI	MODE	TU	RAPIDE
PE	LAME	TI	LYRE	SI	SALADE
LU	ROME	DI	MOTO	SU	VIDE
TE	PAPA	NE	MURE	TA	SOLO
NO	PAPI	LO	NANA	SO	RIDE
NU	TARE	PI	RUDE	VA	PILOTE
MO	LAVE	LA	PILE	DU	
LI	LIRE	VE	VASE	VO	
NA	VENU	RI	SITE	LY	
DO	SODA	NI	DEVINE		
MU	LOTO	MA	PATATE		

On voit ici que quelques éléments de quatre lettres reconnus peuvent comporter des bigrammes qui n'ont pas été vus pendant la première partie d'exercice. Si l'ensemble des mots reconnus semblent fabriqués à partir des bigrammes vus dans la première partie, c'est parce que les exercices sont construits ainsi. Il est donc normal qu'il y ait un lien, mais celui-ci ne doit pas être exclusif.

Les temps de réponses

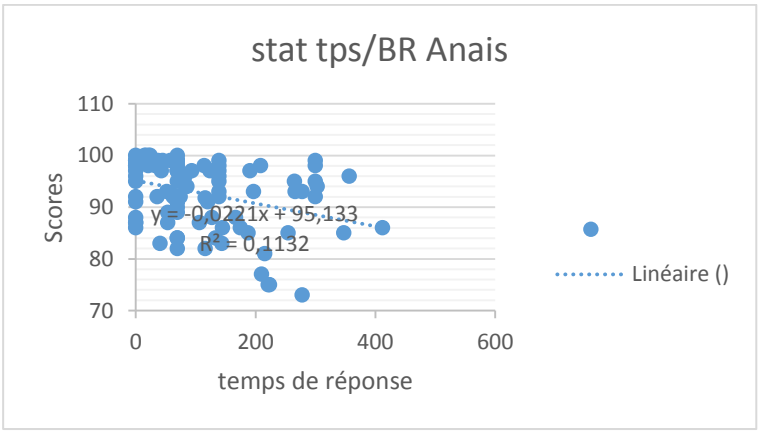
Commençons par les temps de réponses. Dans un premier temps, nous allons observer les graphiques présentant le rapport entre temps de réponse et bonnes réponses, puis ensuite analyser les graphiques présentant les rapports entre temps de réponse et mauvaises réponses.

Figure 28 - graphique statistique temps/bonne réponse de Mathieu



On peut observer dans ces représentations que Mathieu a concentré ses bonnes réponses dans une zone beaucoup plus restreinte, que ce soit au niveau du temps qu'au niveau des scores. Il a donc su donner des bonnes réponses sur les éléments qui ne lui posaient pas de difficultés et ne nécessitaient pas d'aides (qui baissent le score) ni de navigation prolongée (qui baisse le temps et un peu le score), tandis qu'Anaïs a un champ de réponses beaucoup plus étendu au niveau du temps et du score avec une résultante R=0.1132 contre R= 0.0003 et une pente de 0.2212 contre 0.0024 pour les valeurs de Mathieu. La première entrée se montre plus forte également, avec 95.133 contre 91.234.

Figure 29 - graphique statistique temps/bonne réponse d'Anaïs



Sur le tableau de mauvaises réponses, nous pouvons procéder à la même analyse, car nous voyons que les valeurs de Mathieu sont très concentrées, contrairement à celles d'Anaïs qui sont bien plus ramassées, car les scores vont moins bas (-75 contre -140) mais sont plus éparpillés, montrant une recherche plus longue avant validation. Aussi, à l'inverse de l'analyse précédente, n'avons-nous pas de corrélation entre le temps et les réponses pour Anaïs, mais nous obtenons une liaison linéaire pour Mathieu.

Figure 30 - graphique statistique temps/mauvaise réponse de Mathieu

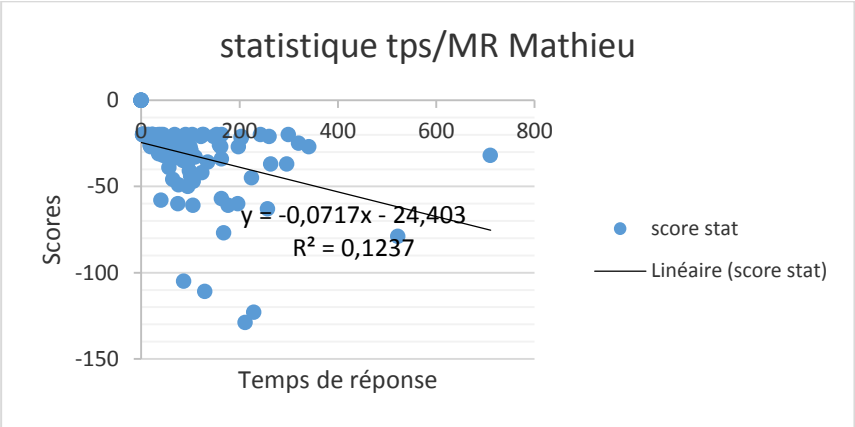
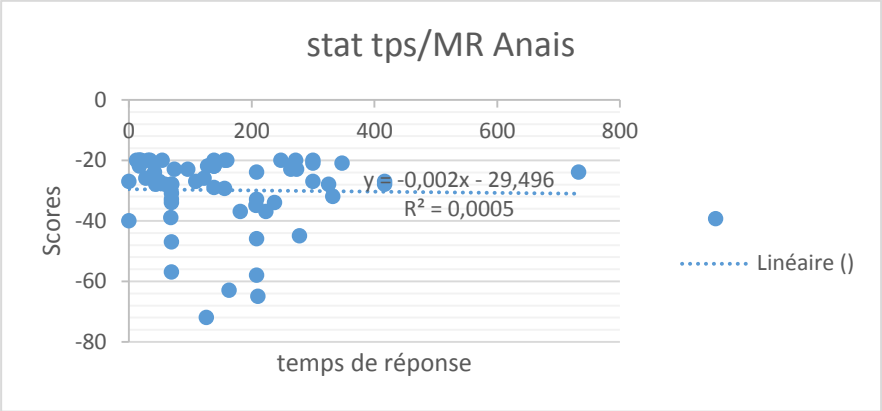


Figure 31 - graphique statistique temps/mauvaise réponse d'Anaïs



La navigation

En ce qui concerne la navigation, les valeurs continuent à s'opposer. On voit que le nombre de navigations est assez proche mais que les scores avant d'arriver à la proposition sont beaucoup plus complets, entraînant des scores plus bas chez Anaïs que chez Mathieu. Nous avons remarqué un effet Mac Gurk, en raison d'une écoute par casques et d'une qualité sonore à la qualité. Cet effet peut intervenir dans les données qui montrent certaines errances en inadéquation avec les comportements sur les autres exercices.

Figure 32 - graphique statistique Navigation/Mauvaise réponse de Mathieu

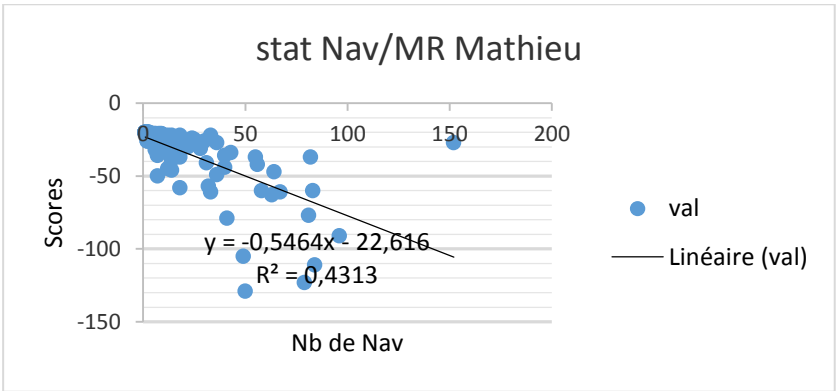
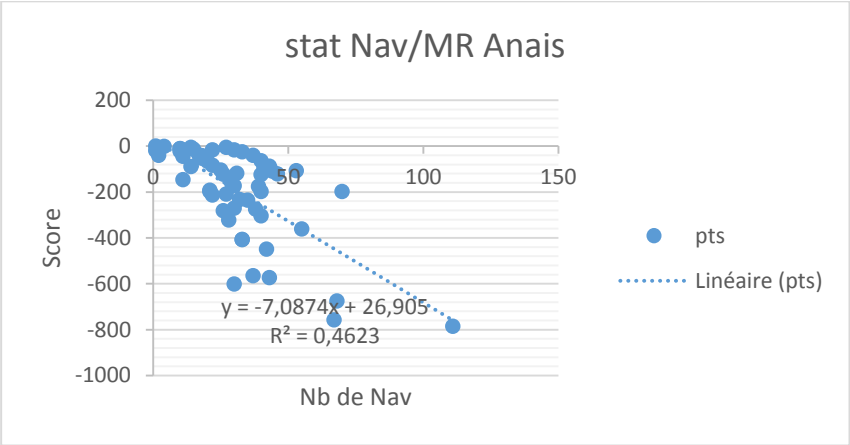


Figure 33 - graphique statistique Navigation/Mauvaise réponse d'Anaïs



Pour l'étude de la navigation, lors des bonnes réponses, on voit très clairement la parabole établissant le rapport entre score et navigation sur la courbe d'Anaïs, qui présente une liaison monotone. Celle-ci montre que la navigation a été optimisée avec quelques points décentrés, qui montrent le rappel de consigne ou du système d'aide. Sur la courbe qui concerne les résultats de Mathieu, les données sont plus chaotiques et montrent une navigation plus désordonnée. Il n'y a pas de stratégie claire, et distingue des errances de navigation même lorsque la solution est trouvée, sans recours au système d'aide.

Figure 34 - graphique statistique Navigation/Bonne réponse de Mathieu

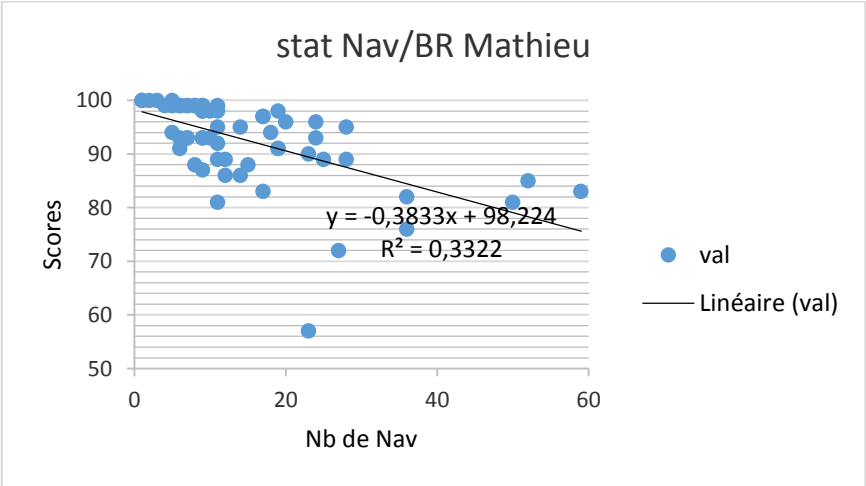
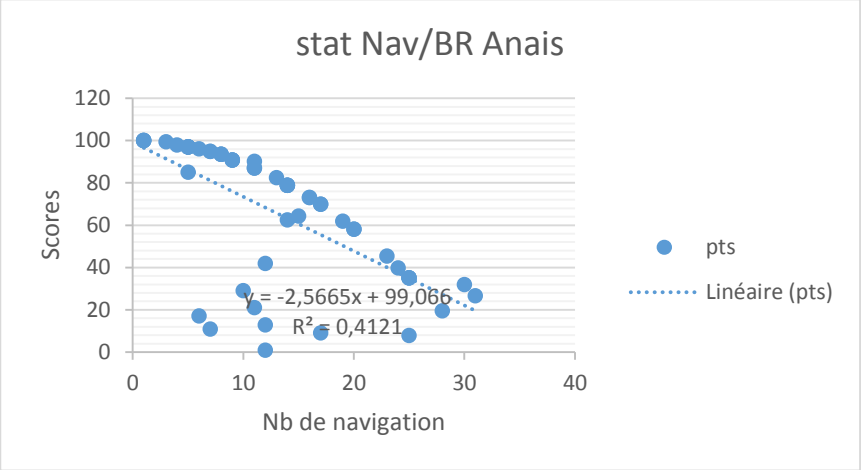


Figure 35 - graphique statistique Navigation/Bonne réponse d'Anaïs



Avec la totalité des données, nous pouvons dire que le processus a bien fonctionné pour l'ensemble des élèves. Pour les éléments plus litigieux, nous pouvons déjà dégager quelques modifications à apporter à la plate-forme, notamment sur le système d'aide qui devrait être plus intuitif et proposer automatiquement de l'aide pour les sujets errant en navigation ainsi que des rappels de consigne pour les sujets proposant trop de mauvaises réponses sur un exercice.

Perspectives de modification

Suite possible du dispositif

Une automatisation du traitement des données doit être mise en place pour faire face à la masse d'informations et notamment pour traiter plus en profondeur la reconnaissance des mots en filigrane des apprentissages par rapport aux différents éléments qui le composent. un tableau présentant les bigrammes selon les coordonnées (A95 : signifiant logiciel A, consonne9, voyelle5) rendrait possible ce genre de suivi. Les analyses pourrit comprendre alors l'étude des situations suivantes : Mots isolés/ enchaînement de mots (notamment sur les mesures des saccades en oculométrie qui sont non pertinentes sur les mots isolés) ; Mot connu/mot inconnu : rapport à la fréquence et à la difficulté des mots rencontrés ; mot reconnu : mot comportant les bigrammes acquis ; mot semi-reconnu : les bigrammes sont acquis, mais les mots n'ont jamais été rencontrés ; mots non-reconnu : mots composés de bigrammes inconnus.

Le nombre d'exercices de chaque catégorie est peut-être trop élevé pour les sujets qui réussissent normalement les exercices, montrant ainsi une compréhension de la logique. Pour ces sujets, le logiciel devrait pouvoir raccourcir le nombre d'exercices et supprimer ceux qui restent redondants afin d'optimiser le nombre de bigrammes parcourus. Les exigences du protocole expérimental nécessitent un lissage des éléments pour supprimer toute interférence d'une variable dépendante et privilégient les questions de protocole sur l'aspect didactique. Ainsi le logiciel froid manque d'accroche pour les élèves qui, bien que très enthousiastes au début, se lassent rapidement. Les séances ont dû être stoppées, car les enfants, sur la fin, ne souhaitaient plus étudier sur le logiciel ; nous rappelons que ce programme s'effectuait en dehors du programme scolaire et donc en supplément pour les enfants. Les conditions impliquaient de trouver une solution pour pouvoir l'imposer aux enfants d'établissement spécialisé, comme prévu dans la suite des expériences, dont les troubles de concentration et de motivation sont sans commune mesure avec ceux précédemment étudiés. Il faudra trouver un moyen de motiver les sujets pour un protocole long.

Cette étude a permis de montrer de manière sensible que, sans un test final d'évaluation qui permettrait de comparer les différents types d'entraînement, même si l'entraînement en lui-même comporte déjà une évaluation de sa propre pertinence, il sera très compliqué de mettre en évidence l'apparition des automatismes recherchés et surtout leurs configurations en fonction des groupes et des sujets. L'absence de test de reconnaissance de bigrammes et de mots après entraînement ne permet pas de mesurer réellement l'efficacité du dispositif.

Un test simple pouvant mettre en corrélation les données des entraînements et les résultats permettrait d'établir les relations entre score et entraînement. Il paraît primordial de pouvoir mesurer le temps passé sur le logiciel, les scores obtenus sur le logiciel et les scores obtenus au test d'évaluation. Ces résultats peuvent ensuite être affinés pour être comparés en fonction des bigrammes puis dans le cadre d'une analyses des rapports entre les taux de reconnaissance sur les mots du logiciel, les mots hors logiciel mais dont les bigrammes ont déjà été étudiés (notamment avec des pseudomots) et les mots inconnus, dont les bigrammes n'ont pas été entraînés. L'analyse des données peut aussi révéler des effets qui ne sont pas recherchés, même si le caractère social des effets de groupe peut rapidement biaiser les analyses.

Bilan des données

Nous pouvons fournir un tableau qui dresse le bilan des données pour chaque sujet et qui va nous permettre de faire une étude comparative :

Figure 36 - tableau statistique de bilan de données par personne

	Mathieu	Laurent	Anaïs	Eugène	Gwenaelle
NB d'événements	3315	3147	3124	2890	2096
NB navigation	2618	2929	2706	2441	1829
NB aide bigramme	175	8	19	55	5
NB aide consigne	277	55	127	94	34
NB aide lettre	97	15	52	107	48
NB connexion	6	6	6	6	6
NB valider	184	102	165	136	131
NB recommencer	108	38	55	57	49
NB ex0	5	0	6	1	5
NB ex1	6	0	13	8	28
NB ex 2	119	76	65	92	69
NB ex 3	51	27	57	73	29
NB ex 4	3	0	19	38	0
Nb ex faits	184	103	160	212	131
Coeff difficulté	2,369	2,577	2,500	3,657	2,911
Nb d'ex réussis %	46%	65%	69%	55%	57%
Nb d'ex réussis	85	67	111	117	75
Coefdifex reussis%	109%	168%	173%	202%	167%
Coefdifex reussis	201,346561	172,658216	277,454471	427,899001	218,345864

Nous retrouvons ici nos valeurs calculées de Coefficient de difficultés qui se révèle être un bon outil de comparaison pour situer les sujets de l'expérience. Il indique le niveau de difficulté auxquels se sont attachés les sujets. Nous pouvons aussi comptabiliser le nombre d'exercices réussis (85, 67, 111, 117, 75) qui devient plus significatif associé au degré de difficultés de l'ensemble des exercices. Ainsi, en multipliant le degré de difficultés par le nombre d'exercices réussis, on obtient une valeur évaluative globale « Coefdifexerussis », qui peut s'exprimer en valeur brute ou en pourcentage qui permet de mieux visualiser les éléments qui se détachent (109, 168, 173, 202, 167).

Ce tableau, qui comporte l'ensemble des valeurs déjà présentées, montre une certaine homogénéité dans certains domaines comme le nombre d'évènements (3315, 3147, 3124, 2890, 2096) et de navigation (2618, 2929, 2706, 244, 1829) ainsi que de larges différences dans d'autres domaines, notamment dans les « aides bigramme » (175, 8, 19, 55, 5) et les « aides lettre » (97, 15 52, 107, 48).

On voit que certaines données sont plus décisives que d'autres dans la réalisation du déchiffrage, et il peut être intéressant d'interroger par une statistique de corrélation les systèmes d'aides ou les manipulations informatiques que l'on peut mettre en rapport avec la plus ou moins grande efficacité sur la plate-forme. Voici ci-dessous le tableau des coefficients de corrélation avec une mise en forme conditionnelle, mettant en valeur les dix valeurs les plus fortes qui présentent un fort lien de corrélation et les dix valeurs les plus faibles, c'est-à-dire n'ayant pas de corrélations apparentes

Figure 37 - tableau statistique de bilan de données par personne en %

	nb ex faits	nb ex réussis %	nb d'ex réussis	coefdif*ex reussis%	coefdif*ex reussis
NB d'événements	22,78%	0%	20%	-34%	-5%
NB navigation	-7,26%	31%	6%	-12%	-13%
NB aide bigramme	57,07%	-82%	8%	-75%	-5%
NB aide consigne	52,11%	-60%	17%	-77%	-11%
NB aide lettre	96,74%	-72%	63%	-10%	65%
NB connexion					
NB valider	99,85%	-48%	83%	7%	78%
NB recommencer	55,63%	-78%	10%	-79%	-9%
NB ex0	13,17%	-8%	15%	-45%	-20%
NB ex1	-7,83%	0%	-2%	13%	2%
NB ex 2	56,93%	-88%	3%	-63%	3%
NB ex 3	93,31%	-19%	94%	28%	86%
NB ex 4	76,46%	6%	93%	66%	98%

Pour une commodité de lecture, nous avons transformé ces valeurs en pourcentage, ce qui est une présentation plus intelligible pour les enseignants qui seront à même de vouloir comparer ou utiliser ces données. Nous voyons dans la première colonne qu'il y a une forte corrélation entre les exercices effectués et le nombre de « Valider », ce qui manifeste, par son évidence, le bon fonctionnement de la statistique. Nous voyons également une bonne corrélation avec les « aides lettre » et les exercices de niveau 3. En revanche, contrairement à ce qui était attendu, nous n'observons pas de forte corrélation entre les exercices réussis et les « aide bigramme » mais seulement avec les niveaux 3 et 4, les élèves ayant réussi le plus d'exercices étant les seuls à atteindre ce niveau.

Il y a peu de corrélation également avec les éléments de navigation. Nous voyons que les élèves qui réussissaient les exercices ne sont pas ceux qui utilisent le plus souvent les aides ou qui recommencent systématiquement un exercice échoué ou encore qui proposent plus de solution. Toutefois, nous pouvons interpréter ces valeurs comme révélatrices du fait que les utilisateurs sollicitant le plus ces outils sont dans un « mode d'apprentissage » plus investi et plus contraint que d'autres élèves maitrisant mieux, de manière intuitive ou parce que délestés des difficultés sur les différentes compétences mobilisées par le déchiffrage et qui seront plus autonomes sur l'ensemble du processus. Toutefois, nous voyons dans l'analyse du détail que les éléments d'aides bien utilisés en début de session n'ont plus besoin de l'être par la suite et modifient l'utilisation de ces fonctions.

Observons notre tableau de corrélations qui présente les données de manière hiérarchique, en partant du plus large au plus précis (à savoir : corrélations des différents événements relevés dans la base de données avec le nombre d'exercices faits, nombre d'exercices réussis, nombre d'exercices réussis en %, c'est-à-dire par rapport à l'ensemble des exercices effectués) : le nombre d'exercices réussis avec un coefficient de difficulté, (un exercice simple de 2-grammes) n'aura plus la même valeur statistique qu'un exercice plus complexe de 4-grammes ou 6-grammes ou encore les mêmes valeurs avec une présentation en pourcentage. Si nous respectons une observation sous le prisme de cette hiérarchie, nous observons que, pour les exercices réalisés, il existe une forte corrélation avec plusieurs éléments : événements, validation, recommencer, les valeurs du niveau d'exercice (2, 3 et 4) et toutes les aides. Puis, si l'on se cantonne au nombre d'exercices réussis, seules les valeurs du niveau d'exercice 3 et 4, de l'aide lettre (63%), de l'aide consigne tombant à 17% et du nombre d'évènements (20%) restent en corrélation. Si nous ajoutons le coefficient de difficultés, nous tombons sur une trois valeurs de données qui restent en corrélation : exercice 3 et 4 ainsi que l'aide lettre et le nombre de « valider ». Pour les données exprimées en pourcentage, les valeurs sont essentiellement négatives. On remarque donc que plus on insère d'éléments dans le calcul et plus il est compliqué de garder des valeurs de corrélations sur des données qui semblent pourtant très logiquement liées aux résultats. La complexité grandissante des calculs rend moins perceptibles et plus fragiles les corrélations entre les données.

Conclusion

Globalement, nous pouvons dire que nous observons des comportements variés sur l'utilisation de la plate-forme et, même si nous ne pouvons affirmer que les apprentissages ont été jusqu'à l'automatisation, nous voyons que pour l'essentiel ils s'opèrent avec succès. Les exercices de 2-grammes ont tous été effectués dans l'ensemble. Lorsque la complexité augmente, il subsiste des erreurs voire des échecs mais qui restent relativement marginaux. La logique acquise permet à la plupart des élèves de continuer à évoluer dans le système sans montrer une utilisation croissante des systèmes d'aide ou de navigation. Les apprentissages ne sont pourtant pas de valeurs égales. Nous avons vu que certaines utilisations d'aides ou stratégies de navigation et d'exploration du logiciel se sont montrées plus pertinentes que d'autres et ont montré des compétences acquises plus solides avant que les apprentissages ne soient abordés. Ces tests ont montré autant ce qu'ils pouvaient produire sur les apprenants que ce que les apprenants pouvaient produire sur le logiciel et le protocole expérimental.

Cette page d'analyse ne serait pas complète sans les remerciements sincères que je souhaite adresser à Cécile Larinier qui a accepté de me recevoir et pris le temps de considérer mon travail afin de permettre qu'il ait lieu dans son établissement. Ma gratitude s'adresse également à Samantha qui a aussi donné son énergie pour rendre réalisable cette étude ainsi que tous les élèves qui ont participé à ce projet.

Partie 3 - Expérience 2

Présentation du nouveau protocole sur quatre groupes différents testant deux dispositifs « VersionA » et « VersionB ». Reconfiguration à partir des données de l'expérience 1 présentée dans cette partie à partir d'index alphabétique des consonnes par position, la liste des consonnes par position de bigrammes, la fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes, l'index hiérarchique de l'ensemble des consonnes et voyelle, la liste des voyelles par position de bigrammes

Matériel et méthode

Trame de progression du logiciel

Présentation du nouveau protocole

Le protocole expérimental a été reconsidéré à la suite des observations de l'expérience précédente. D'autre part, il diffère surtout par son envergure, qui permet d'autres visées. Le parcours d'entraînement a été adapté afin de mieux cibler les zones proximales de concentration des sujets. Le logiciel se compose de deux versions présentant une base d'exercices commune et une base d'exercices spécifiques. Cette disposition permet, dans un premier temps, de déterminer que les apprentissages ne sont pas spécifiquement dus au type de sons et de mots choisis dans ces exercices, et elle prépare les parties expérimentales suivantes, qui reposent sur des tests croisés entre les mots travaillés lors de l'entraînement et d'autres mots comportant les bigrammes identiques dans des mots n'ayant pas été entraînés et donc normalement peu automatisés.

L'expérience se déroule également sur différents types d'écoles. Des écoles ordinaires dans un milieu favorisé, c'est-à-dire avec une population de parents qui sont accompagnants, qui surveillent les devoirs, qui parlent la langue, etc. Des écoles ordinaires dans des milieux défavorisés, avec des parents ne parlant pas la langue et ne pouvant pas aider leurs enfants lorsqu'ils sont en difficultés dans les apprentissages. Et, enfin et surtout, dans des écoles spécialisées avec des enfants présentant des handicaps mentaux légers et des troubles du comportement.

Classement par fréquences

Intéressons-nous à présent aux nouvelles statistiques pour l'ensemble des exercices qui ont été reconfigurés, soit deux séries différentes d'exercices que nous nommerons « VersionA » et « VersionB ». Ces deux versions comportent des exercices distincts sur des bigrammes identiques ainsi qu'une partie commune qui permet de déterminer l'impact de l'entraînement sur ces déterminations. Aussi, certains bigrammes qui sont présents dans les deux corpus d'exercices n'auront-ils pas la même fréquence d'apparition. Chaque version possède également une large série de consonnes qui sont communes et une ou deux dont l'utilisation lui est propre.

Nous pouvons observer toutes ces données dans les listes de mots présentées en annexes sur les pages 314 et 315. Nous allons donc travailler sur ces derniers afin de déterminer les calculs de fréquences des différents éléments composant les séries A et B. L'ensemble des tables de calcul sera toujours présenté en respectant cet ordre chronologique. Il cherche à définir dans notre étude ou l'unité de déchiffrage quelle est la paire de lettres « consonne-voyelle », les différents rapports de position, d'association et de voisinage entre ces différentes paires. Nous pourrons, afin de procéder à un raccourci théorique développé précédemment dans l'analyse de nos résultats, employer le terme de « bigrammes » dans son acception la plus large, puisque chargé sémantiquement des théories neuroscientifiques de Stanislas Dehaene. Il désigne en effet un peu plus qu'une combinaison de N-grammes, puisque la notion de bigrammes inclut les neurones décodeurs associés (Dehaene, 2008) dont

certains éléments restent contestés - ainsi que l'analyse réservée pour la discussion en fin de mémoire.

Présentation de la versionA :

Sur les tableaux suivants, nous avons le nombre d'apparition de chaque lettre pour la série d'exercice. Sur la version A, les consonnes (d ; l ; m ; n ; p ; r ; s ; t ; v) et leur fréquence pour chaque position de bigrammes : Position 1 ou 2 des mots de 2 bigrammes, position 1, 2 ou 3 des mots de 3 bigrammes, etc., chaque colonne représentant la position de bigramme de gauche à droite.

Figure 38 - Liste des consonnes par position de bigrammes Version A

M	19	**L**	19	**T**	15	**L**	5	**R**	1
R	19	**M**	15	**R**	12	**R**	4	**S**	1
V	18	**T**	13	**D**	10	**S**	3	∑	2
S	17	**R**	12	**N**	9	**D**	2		
L	16	**N**	11	**L**	5	**M**	1	Total	314
P	16	**P**	10	**M**	3	**N**	1		
T	14	**D**	9	**P**	2	**T**	1		
D	10	**V**	7	**S**	1	**V**	1		
N	9	**S**	2	**V**	1	∑	18		
∑	138	∑	98	∑	58				

Nous voyons qu'il y a une grande disparité de la répartition des consonnes en fonction de la position de bigrammes. Notamment pour le « s » et le « v », très présents en première position et moins sur les autres. À l'inverse le nombre de « n » augmente avec un positionnement plutôt en fin de mot.

Figure 39 - Liste des voyelles par position de bigrammes Version A

A	45	**E**	33	**E**	36	**E**	13	**A**	1
O	33	**I**	32	**I**	11	**A**	4	**E**	1
I	32	**A**	17	**A**	5	**I**	1	∑	2
E	16	**O**	11	**O**	3	∑	18		
U	12	**U**	5	**U**	3			**Total**	314
∑	138	∑	98	∑	58				

Figure 40 - index hiérarchique de l'ensemble consonne et voyelle de la Version A -

Somme totale		Somme totale	
R	48	E	99
L	45	I	76
T	43	A	72
M	38	O	47
D	31	U	20
N	30		
P	28		
V	27		
S	24		

On voit ici quelques éléments notables, notamment le « s » très fréquent dans la langue française, qui est ici la consonne la moins utilisée. Pour observation le tableau présentant la liste de fréquence des bigrammes par position des Version A et B se trouve en annexe à. Nous afficherons ici la synthèse des fréquences hiérarchiques

Figure 41 - fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes Version A -

DE	17	NE	11	SA	7	NO	5	LU	3
RE	17	MA	10	SO	7	PO	5	MU	3
RA	16	RI	9	VO	7	SI	5	NI	3
TE	15	ME	8	PA	6	TA	5	NU	3
LI	14	NA	8	TO	6	TU	5	PU	2
LE	12	PI	8	DA	5	RO	4	RU	2
MI	12	VE	8	DI	5	SE	4	DU	1
TI	12	VI	8	LO	5	VA	4	SU	1
LA	11	PE	7	MO	5	DO	3		

La fréquence des bigrammes est soumise à beaucoup moins de fluctuation. En dehors de quelques rares exceptions comme le bigramme « DA », présent dans les deux premières positions et qui disparaît pour les mots plus longs. La fréquence est assez bien répartie, allant de 1 à 8 pour chaque position. Si l'on observe le tableau hiérarchique, on se rend compte que ce sont les voyelles qui influencent fortement ce classement, notamment le « u » pour les moins fréquentes et le « e » pour les plus fréquentes. Cette information est importante, elle permettra de vérifier si cette influence de fréquence est un repère pour le déchiffrage et l'automatisation.

Présentation de la versionA :

Comme la partie précédente, les tableaux suivants renvoient aux apparitions de chaque lettre pour la série d'exercices de la « versionB » soit les consonnes (c, d ; l ; m ; p ; r ; s ; t ; v) qui sont consultables en Annexe au page 3114 et 315. La différence nécessaire vient donc de l'insertion de la consonne « c » et de la disparition de la consonne « n » dans le corpus d'entrée. Nous allons opérer ici les mêmes études de leurs fréquences distribuées avant de procéder à une table comparative, permettant de mettre en évidence les disparités entre les deux versions pour les index alphabétiques, hiérarchiques, par position et liste de fréquences de la version B :

Figure 42 - index alphabétique des consonnes par position VersionB

C	14	C	5	C	2	C	1	R	2
D	10	D	8	D	9	D	5	V	1
L	17	L	20	L	10	L	1	**Σ**	3
M	20	M	14	M	5	M	1		
N	3	P	9	P	2	R	7		
P	16	R	19	R	16	S	5		
R	18	S	4	S	3	T	2		
S	14	T	14	T	14	V	1		
T	19	V	10	V	2	**Σ**	23		
V	12	**Σ**	103	**Σ**	63				
Σ	143								

Figure 43 - Liste des consonnes par position de bigrammes Version B -

M	20
T	19
R	18
L	17
P	16
C	14
S	14
V	12
D	10
N	3
Σ	143

L	20
R	19
M	14
T	14
V	10
P	9
D	8
C	5
S	4
Σ	103

R	16
T	14
L	10
D	9
M	5
S	3
C	2
P	2
V	2
Σ	63

R	7
D	5
S	5
T	2
C	1
L	1
M	1
V	1
Σ	23

R	2
V	1
Σ	3

Figure 44 - Liste des voyelles par position de bigrammes Version B -

A	47
I	35
O	32
E	18
U	11
Σ	143

E	40
I	27
A	18
O	12
U	6
Σ	103

E	36
I	13
A	7
O	4
U	3
Σ	63

E	15
A	5
O	2
I	1
Σ	23

A	2
E	1
Σ	3

Figure 45 - index hiérarchique de l'ensemble consonne et voyelle de la version B -

R	62
T	49
L	48
M	40
D	32
P	27
S	26
V	26
C	22
N	3

E	110
A	79
I	76
O	50
U	20

Figure 46 - fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes Version B -

RE	23
RA	22
DE	20
LI	19
TE	14
TI	14
LE	12
ME	12
RI	12

LA	11
MA	10
VE	10
CO	9
MO	8
PI	8
SE	8
TO	8
CA	7

MI	7
PE	7
PO	7
SA	7
TU	7
VA	7
TA	6
DI	5
LO	5

PA	5
RO	5
SI	5
VI	5
CE	4
DA	4
VO	4
DU	3
MU	3

SO	3
SU	3
CU	2
LU	1
NI	1
NO	1
NU	1

Présentation du logiciel

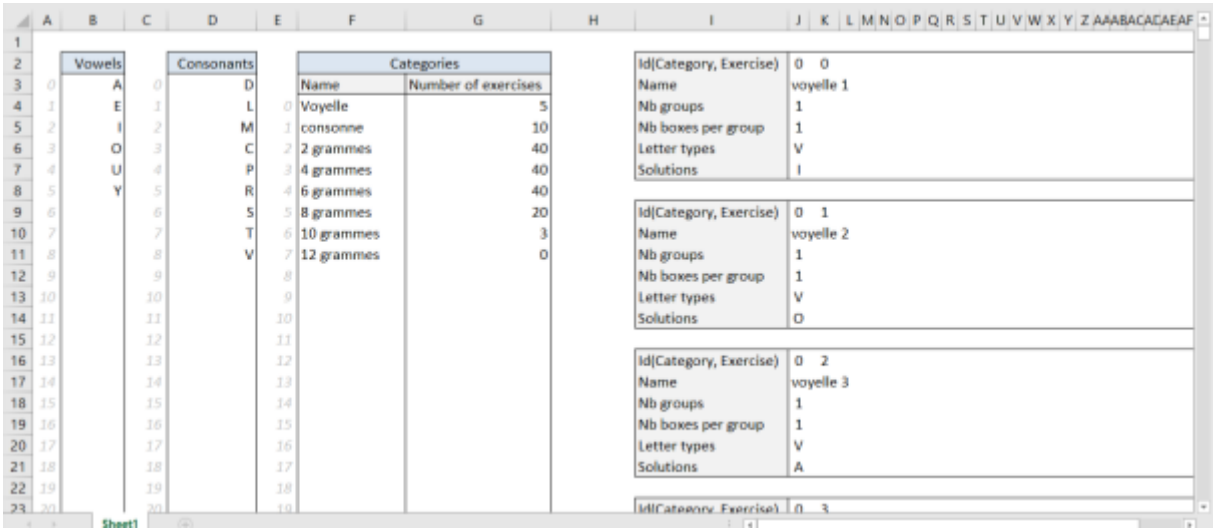
Présentation et conception du logiciel Version 2 à partir d'une base d'exercices Excel, qui permet au langage VBA de générer des diapositives d'exercices sur Microsoft. Présentation des fichiers de données dans le dossier « résultat » et mise en place d'un défi LECTUS

Conception du logiciel

Pour des raisons de commodité et de compatibilité, nous avons choisi d'utiliser le support standard Microsoft PowerPoint pour nos logiciels. Aussi le langage utilisé pour la programmation sera-t-il en conséquence le VBA, la version finale du logiciel. Un livre ouvert avec deux volets présente les associations de bigramme « consonne-voyelle ». Ainsi, nous allons supprimer les autres bigrammes possibles en simplifiant le système. Nous avons également supprimé les mots comportant le « y », qui peuvent également s'écrire sans modifier la prononciation avec un « i ». Les enfants ne comprenant pas leurs erreurs, sont souvent arrêtés à cette étape du logiciel la connaissance du « y » n'étant pas un point n'étant essentiel dans l'étude que nous voulons mener ici sera abandonné et absent des tests d'évaluation. Les exercices sont tirés au hasard par l'ordinateur afin d'éviter un effet d'ordre comme le montre l'extrait de programmation consultable en Annexe à la page 289.

Comme nous l'avons décrit, le logiciel fonctionne à partir d'une base d'exercices Excel, qui permet au langage VBA de générer des diapositives d'exercices sur Microsoft PowerPoint. Cette base doit comporter le nombre de voyelles et de consonnes produisant les exercices ainsi que leurs entités. Un tableau « catégories » doit indiquer le nombre d'exercices pour chaque niveau dans l'ordre hiérarchique (notamment utile pour le chargement et la conception du cahier d'exercice de chaque élève). Enfin, les dernières colonnes du tableau doivent recevoir les contenus d'exercices avec les données précises suivantes : un « ID » indispensable pour la gestion par VBA, qui indique la catégorie de l'exercice et le numéro de l'exercice ; Le nom de l'exercice qui sera le nom inscrit dans le cahier s'activera par clic de souris ; Le nombre de bloc, un bloc représentant un ensemble de paires de lettres ou un bigramme ; Le nombre de box par bloc, soit deux pour les bigrammes, un seul pour les exercices de reconnaissances de voyelles et de consonnes, ou 3, 4, 5 selon le type d'unités que l'on veut travailler (syllabe). L'élément lettre-type doit être renseigné, indiquant si le bloc est composé d'une voyelle, d'une paire CV, d'une paire VV, d'une triade CCV, etc. Enfin, la dernière ligne comporte la solution de l'exercice. Cette solution doit être rigoureusement écrite, elle permet, en effet, la correction de l'exercice et également le repérage de la consigne sonore dans le fichier « son ». Nous présentons sur la figure suivante la configuration du Software source pour cette tâche.

Figure 47 - feuille de calcul Excel représentant la base génératrice des exercices -



Vowels
A
E
I
O
U
Y

Consonants
D
L
M
C
P
R
S
T
V

Categories	
Name	Number of exercises
Voyelle	5
consonne	10
2 grammes	40
4 grammes	40
6 grammes	40
8 grammes	20
10 grammes	3
12 grammes	0

Id(Category, Exercise)	0 0
Name	voyelle 1
Nb groups	1
Nb boxes per group	1
Letter types	V
Solutions	I

Id(Category, Exercise)	0 1
Name	voyelle 2
Nb groups	1
Nb boxes per group	1
Letter types	V
Solutions	O

Id(Category, Exercise)	0 2
Name	voyelle 3
Nb groups	1
Nb boxes per group	1
Letter types	V
Solutions	A

Les éléments de composition des exercices sont écrits en anglais, de manière à pouvoir être interprétés par le langage de programmation VBA. L'ensemble des « fichiers sons » doit être préalablement enregistré, se découpent en différentes catégories : les fichiers « aides » avec l'ensemble des lettres et des bigrammes et les fichiers consignes, qui correspondent aux solutions d'exercices. Les fichiers doivent être filtrés sur Audacity et découpés de manière à s'insérer exactement dans la phrase de consigne ou dans l'énoncé de l'aide.

Obtention des données

Lorsque les exercices sont terminés, le logiciel permet de récupérer les données à partir du nom de l'élève. Un dossier au nom de l'élève est créé dans un dossier « résultat », lui-même intégré dans le fichier source du logiciel, un fichier « LECTUS » qui est sur la racine de l'ordinateur. Ce dossier, ici un dossier qui présente les résultats d'un élève nommés « test », présente alors deux fichiers comme suit : un fichier log-court, qui est un résumé des résultats présentant les sons, mots reconnus et destinés à l'attention des instituteurs, d'ailleurs à leur demande et un fichier « log », qui possède tous les résultats bruts des données de l'expérience - et qui est donc plus exhaustif.

Figure 48 - présentation des fichiers de données dans le dossier « résultat » -

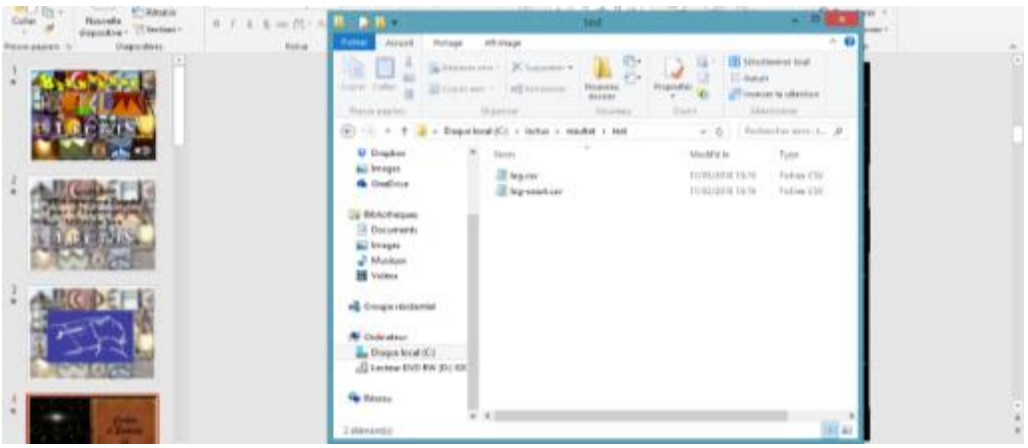
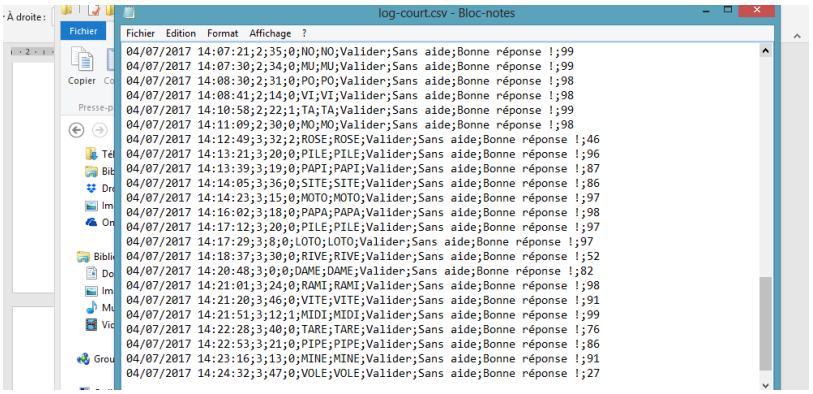
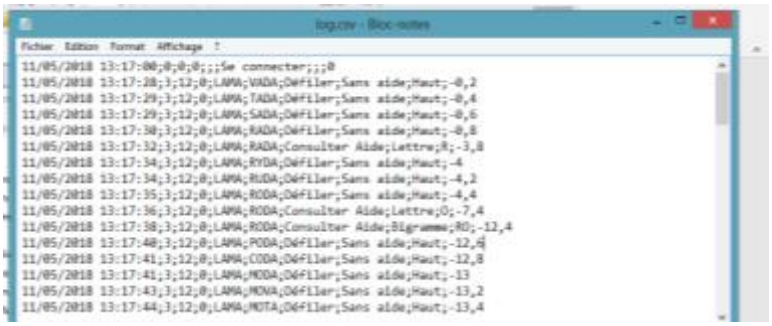


Figure 49 - présentation des fichiers de données log-court au format CSV -



Ces données brutes exposent le contenu suivant : date ; heure ; niveau ; numéro d'exercice ; solution ; proposition ; action ; type d'aide ; référent action et score. Certaines valeurs ne prennent pas beaucoup de sens ici, car elles sont au service des données brutes et permettent l'analyse statistique. Les informations importantes sur ces lignes sont les éléments de réponse qui ont été trouvés ainsi que le score qui y est associé. La chronologie et la chronométrie peuvent constituer des informations intéressantes afin de bien cibler l'évolution des apprentissages. Nous présentons un extrait des données log-court dans l'Annexe à la page 290 en figure 43. Enfin, un fichier « log » se construit au fur et à mesure des manipulations du sujet et correspond à la récupération à la totalité des manipulations et des données brutes présentée comme suit :

Figure 50 - présentation des fichiers de données log au format CSV -



Le contenu y est dévoilé de manière détaillée et plus lisible dans la Figure 86 - contenu des fichiers de données log au format CSV - présenté en Annexe:

Sur cette suite de données, nous pouvons explorer plus en profondeur les valeurs saisies des éléments rencontrées sur les lignes de données précédentes. « Date » permet de suivre le rythme des connexions ; l'« Heure » suit le rythme et le nombre des manipulations ; « Niveau » et « Numéro d'exercice » indiquent l'évolution de progression ; « Solution » permet la lecture de l'exercice en cours ; « Proposition » présente les éléments de navigation et de proposition de solution à l'exercice par le sujet ; « Action » indique le type d'opération de manipulation qui est effectué sur le logiciel ; « Type d'aide » et « référent action » donnent la valeur de l'action ; enfin, « Score » donne un score pour l'exercice en fonction du parcours jusqu'à la solution.

Les pré-tests consacrés à l'évaluation de la connaissance des lettres de l'alphabet utilisés dans les exercices (a, e, i, p, r, s…) et de leurs correspondances sonores sont intégrés dans la plate-forme et permettent un calibrage sur les temps de réponses. Les sujets en milieu spécialisé, qui peuvent également avoir des difficultés motrices, doivent prendre en compte cette dernière afin de ne pas interférer sur l'analyse de corrélation statistique sur les temps d'exécution. Ces derniers pourront être réalisés selon la maîtrise des activités avec erreur et hésitation - et sur des temps plus ou moins longs, qui montreront que l'élève est soit dans une maîtrise solide, soit dans une forme de révision sur des bases fragiles. Ces éléments sont repérés par des algorithmes de corrélation sur les résultats des exercices.

Le temps de consultations des enfants pour chaque diapositive est enregistré dans les données ainsi que le nombre de sollicitations de l'ensemble des aides. Toutefois, on peut rétorquer que ces éléments peuvent paraître insuffisants pour déterminer totalement le comportement de l'utilisateur. Un long moment passé sur une diapositive peut correspondre à une difficulté de compréhension ou de mémorisation, mais il peut également correspondre à une pause intellectuelle ou une diversion. Seul un enregistrement vidéo à cet instant permettrait de trancher et d'être vraiment pertinent sur l'utilisation du temps dans le didacticiel.

Mise en place d'un défi LECTUS

Le principe

Pour les études en IME, il a fallu mettre en place un « défi LECTUS » pour que l'utilisation prenne du sens. En effet, l'une des problématiques principales de ce public est de poser du sens sur les apprentissages pour se mettre dans des conditions favorables. Sans cette première étape, aucune didactique n'aurait la chance d'atteindre ses objectifs, si tant est que l'on puisse séparer la didactique des situations d'apprentissages qu'elle engendre. Pour définir les conditions de ce défi LECTUS, nous présentons le courrier communiqué aux établissements participants :

CONCOURS LECTUS 2018

Déroulement du concours LECTUS 2018 concernant l'EPMS de l'Ourcq et le centre de La Gabrielle de Claye-Souilly

Première phase : entrainement sur le logiciel.

Deux versions du logiciel LECTUS distribuées sur les classes proposent des séries d'exercices différents qui sont découpés en niveaux (2grammes, 4grammes, 6grammes, 8grammes), correspondant aux nombres de lettres. Chaque élève reçoit un diplôme à chaque niveau qu'il valide pendant le défi. Les diplômes rapportent des points à l'équipe selon le barème suivant :

- Consonne/voyelle : 1 point
- 2 grammes : 2 points
- 4 grammes : 4 points
- 6 grammes : 6 points
- 8 grammes : 8 points

Seconde phase : test de rapidité

Il consiste à reconnaitre le plus rapidement possible des mots parmi une liste. Chaque groupe doit retrouver rapidement les mots qu'il a travaillés mais aussi quelques mots des autres équipes. Chaque mot reconnu des équipes adverses compte double.

Les prix :
Chaque élève reçoit un certificat LECTUS
La classe ayant cumulé le plus de points remporte le **prix d'excellence**
La classe ayant cumulé le plus d'essais remporte le **prix de combativité**
La classe ayant la meilleure moyenne remporte le **prix d'efficacité**
La classe ayant mieux utilisé le système d'aide remporte **un ordinateur**
L'élève ayant la meilleure note remporte le prix de « **Major promotion 2018** »
L'élève ayant la meilleure progression remporte le **prix de la persévérance**
L'établissement qui cumulera le plus de points remporte **le totem de la sagesse.**

L'évaluation se fait à partir des retours d'analyse du protocole expérimental. L'analyse des données permet de répondre à toutes les exigences de classification et de positionnement du défi LECTUS.

Comparatif des deux versions du défi.

La mise en place du défi vise à recueillir des données dans des contextes pratiques d'utilisations diversifiées et à élaborer un modèle de support intégrant les systèmes en référence. Il permet aussi d'intégrer, de manière souple, la discipline nécessaire à la pratique du logiciel obéissant aux exigences du protocole. Nous avons souligné le potentiel évident des séances filmées pour dissocier des temps de réponse, qui ne serait pas uniquement dû à de la réflexion, mais ces conditions ne peuvent être mis en place dans l'environnement qui nous intéresse ici. D'autres éléments d'usage peuvent venir perturber l'analyse statistique et ne peuvent pas tous être contrôlés. Le fait d'insérer ce protocole dans un défi engage les enseignants dans une pratique équitable et équivalente du logiciel. Leur concours peut aussi charrier de nombreux éléments pour analyser et comprendre leur impact sur la mémorisation et dégager des voies pour des systèmes d'aide à la lecture, qui seront des éléments débattus en fin de protocole.

Les chapitres suivants vont proposer différents tableaux permettant d'apprécier et de comparer les deux versions proposées aux deux établissements spécialisés participant à notre recherche. On y trouve des listes comparatives mettant en avant les éléments distinctifs et les éléments communs. Commençons par un tableau comparatif de l'ensemble des mots de la version A et de la Version B proposé en Annexe à la page 290.

Dans ce tableau, nous pouvons lire de manière synoptique les deux listes de mots qui composent l'ensemble des exercices. Les éléments surlignés en jaune sont les mots communs aux deux versions du logiciel. Nous avons essayé de respecter une parité du nombre d'exercices avec un léger décalage à partir de la partie en bleu. Les exercices non surlignés sont des exercices qui ne sont présents que dans leur version et utilisés dans la partie expérimentale suivante. Les éléments sont présentés en deux colonnes, en face-à-face pour mieux visualiser les différences, les exercices de la version A se trouvant dans la colonne de gauche et les exercices de la version B étant dans la colonne de droite. On note pour chaque groupe, quel que soit le nombre de bigramme, une trentaine de mots communs et un peu plus d'une dizaine de mot ne concernant qu'une série d'exercices. Une étude plus poussée sur la statistique de fréquences en fonction des lettres, dans un premier temps, puis en fonction des

bigrammes qui composent les mots des exercices, permet de cibler des variables indépendantes qui pourraient créer un biais dans le protocole. Elle est fournie et variée mais permet de mieux appréhender les interrelations entre les deux versions d'exercices.

Le tableau suivant présente, en bicolore pour un repérage synoptique facilité, les éléments de la version A en bleu et les éléments de la version B en orange. Les différents types de données dont les statistiques de fréquences sont repérées sont mis face à face pour que l'on puisse les comparer. Nous pouvons ainsi observer que les fréquences des lettres sont très proches. En dehors des sons « V » et « N », qui sont propres à chaque version, l'ensemble des éléments partagés possède un positionnement de fréquences identiques à un degré près. On trouve ainsi des inversions de positionnement entre « T » et « L » ainsi qu'entre « P » et « V » pour les consonnes. L'étude des fréquences des voyelles dans l'ensemble permet de vérifier qu'elles sont identiques à 10% près.

Pour les bigrammes, nous avons retenu deux approches. La première comptabilise globalement l'ensemble des bigrammes sur la totalité des exercices et la seconde les comptabilise selon leur position. Dans le premier cas, la fréquence des bigrammes est généralement assez proche pour que l'on puisse affirmer qu'elle n'a aucune incidence pour les tests et la construction du réseau d'automatisation. Sur les 20 premiers bigrammes qui possèdent la fréquence la plus élevées, nous n'observons qu'une différence notable du bigramme « mi », qui présente 12 occurrences pour la version A et seulement 7 pour la version B. Tous les autres bigrammes se tiennent globalement dans l'ordre hiérarchique de leur fréquence d'apparition. Pour les autres bigrammes, qui ont des fréquences assez faibles, nous pouvons considérer que cela ne provoque pas d'incidence pour le protocole.

Pour les fréquences de bigrammes par position, le problème reste un peu plus complexe. Nous pouvons observer que l'ordre diffère grandement, puisque les valeurs étant plus faibles, l'étude par position réduit le champ (et donc le nombre d'occurrence), mais les valeurs restent dans l'ensemble assez proches bien que dégageant un phénomène croissant de certains bigrammes qui restent bien présents dans une version à certaines positions et peuvent être absents dans la seconde, y compris pour les bigrammes communs. Toutefois, si l'on applique les règles de la théorie des ensembles, l'on peut dire que le phénomène reste mineur, et il peut même se montrer profitable afin d'étudier les emplacements des bigrammes et leurs incidences sur la construction des apprentissages.

Deux séries de calculs de fréquences portant sur les mots de l'entraînement que nous pouvons retrouver dans les tests vont traduire l'ensemble des mots en fréquences attribuées afin de leur pourvoir une « matrice représentative », que nous pourrons ensuite utiliser pour nos calculs statistiques. Nous trouvons en annexes les statistiques des versions A et B sur les pages 291 ainsi que le Tableau 94 - comparatifs des fréquences d'éléments des Version A et Version B en page 292.

Une autre étude va nous permettre d'aller plus loin dans ce comparatif des deux versions de logiciels. Elles concernent l'analyse des mots du logiciel à partir de leurs fréquences absolues et relatives (relatives à leur position). Des tableaux donnés en Annexes à partir de la page 298 présentent les résultats de ces fréquences pour l'ensemble des mots de chaque version. Nous avons donc respectivement en annexe, un tableau présentant un classement alphabétique avec un score indiquant la somme des fréquences des bigrammes en absolue (sans position) de la version A.

Ensuite, dans cette même annexe, un tableau suivant détaille les fréquences de lettres en valeur absolue dans chacun des mots. Les sommes de chacun des mots ainsi que leurs moyennes sont indiquées de la version A. Enfin, un tableau détaille les fréquences de lettres en valeurs relatives dans chacun des mots. Les sommes de chacun des mots ainsi que leurs moyennes sont indiquées de la version A. Sur la page suivante, un tableau les mêmes calculs pour la version B du logiciel.

Nous y trouverons également les comparatifs des versions A et B pour les mots de 4 lettres (2 bigrammes), avec deux colonnes par ordre alphabétique, puis les index hiérarchiques de la version A par valeur absolue d'abord puis par valeurs relatives (par position) ; en troisième lieu les index hiérarchiques de la version B par valeur absolue d'abord puis par valeurs relatives (par position). On trouve ensuite les comparatifs des versions A et B pour les mots de 6 lettres (3 bigrammes), avec deux colonnes par ordre alphabétique, puis les index hiérarchiques de la version A par valeur absolue d'abord puis par valeurs relatives (par position) et, en troisième lieux, les index hiérarchiques de la version B par valeur absolue d'abord puis par valeur relative (par position). Enfin, on trouve les comparatifs des versions A et B pour les mots de 8 lettres (4 bigrammes), avec deux colonnes par ordre alphabétique, puis les index hiérarchiques de la version A par valeur absolue d'abord puis par valeur relative (par position) et, en troisième lieu, les index hiérarchiques de la version B par valeur absolue d'abord puis par valeur relative (par position).

Nous ne présentons ici qu'un tableau émanant de la résultante de ces deux analyses statistiques et présentant un index hiérarchique des fréquences d'apparition de l'ensemble. Dans l'Annexe est présenté le Tableau 95 - index hiérarchique des fréquences d'apparition de l'ensemble en page 293.

Participants :

Présentation des écoles ordinaires et spécialisées participants au protocole. Soit l'IME du Centre de La Gabrielle, EPMS de l'Ourcq, École Sainte-Marie, École Sacré-Cœur, École Noue-Caillet. Équipement de nombreuses écoles en PC pour la réalisation du protocole. Le Profil des sujets de l'expérience et difficultés scolaires des enfants notamment dans la population des Etablissements Spécialisés.

Présentation des écoles

Ecoles ordinaires et écoles spécialisées

Le diaporama expérimental que nous allons proposer peut répondre à toute une série de variabilités dont l'étude devra éclairer l'impact sur la mémorisation - et donc l'apprentissage par l'élaboration de ce logiciel et la mise en œuvre de différentes séries présentant ces processus. L'utilisation d'une grille d'évaluation à partir des relevés des interventions et des résultats des intervenants lors des phases d'entrainement va orienter les tests d'évaluation des dernières expériences. Plusieurs groupes d'élèves des deux centres spécialisés, IME du Centre de La Gabrielle et l'Établissement public médico-social de l'Ourcq, investis dans cette expérience, produiront une base de données de référence, car ils subiront toute une série de tests plus approfondis.

Nous avons dû équiper de nombreuses écoles en PC pour la bonne réalisation du protocole. Nous avons ainsi distribué une trentaine de PC sur un ensemble d'une dizaine de classes. En dehors des deux centres spécialisés nommés plus haut, et qui seront présentés en détail dans la partie suivante, nous avons sollicités deux établissements d'école primaire à

savoir, l'école privée catholique Sainte-Marie dans le XVIIIe arrondissement de Paris, l'école privée catholique Sacré-Cœur » dans le XVe arrondissement de Paris, l'école élémentaire Noue Caillet et l'école élémentaire primaire public Roger-Salengro, de Bondy, en Seine-Saint-Denis. Les écoles privées ont plus facilement correspondu aux critères de mise en place du protocole, parce que moins dépendantes des institutions, elles sont plus libres dans leurs programmes et peuvent plus facilement collaborer avec des intervenants extérieurs à l'Éducation nationale. Nous aurions aimé travailler avec des écoles publiques mais de nombreux obstacles, que nous n'allons pas exposer ici, ne l'ont pas permis.

L'IME du Centre de La Gabrielle

L'IME la Gabrielle est implanté au cœur du centre de la Gabrielle. Le Centre de la Gabrielle a été fondé en 1972 à Claye-Souilly en Seine et Marne. Il est géré par la Mutualité Fonction Publique Action Santé Social (MFPASS). C'est dans ce centre que nous allons mener notre expérience avec des élèves que nous présenterons en seconde partie. Ledit centre est composé de différentes structures prenant en charge des usagers présentant un handicap mental enfants et adultes. Douze établissements et services médico-sociaux privés à but non lucratif forment ce centre. Près de 450 enfants, adolescents et adultes en situation de handicap mental sont pris en charge par l'établissement. Il se divise en deux pôles : un pôle enfance et un pôle adulte.

Le pôle adulte regroupe les ateliers de Claye, un ESAT, le FAV (Foyer Art et Vie), un SAMSAH, un SAVS, FHA et une structure d'accueil de jour « couleurs et création ».

Un établissement et service d'aide par le travail (ESAT) les personnes adultes en situation de handicap mental sont accompagnés dans différents ateliers : entretien d'espaces verts, de blanchisserie, d'entretien de locaux et de sous-traitance (conditionnement). L'accompagnement vise aussi l'accomplissement de projets professionnels personnalisés et adaptés avec une aide à la recherche d'emploi en entreprise adaptée ou en milieu ordinaire de travail quand cela est possible.

Un service d'accompagnement médico-social pour adultes en situation de handicap mental(SAMSAH) et un service d'accompagnement à la vie sociale (SAVS) Le SAMSAH accompagne des usagers adultes ayant leur propre logement dans tous les actes de la vie quotidienne et sociale. Ce service permet un accès au logement indépendant à des personnes qui ont besoin d'un accompagnement qui sinon ne peut être qu'institutionnel. Le SAVS a pour mission de maintenir et ou développer la vie sociale, culturelle et les liens familiaux des usagers.

Un foyer d'hébergement pour adultes (FHA) des usagers adultes sont logés dans l'établissement dans des maisons individuelles. Des personnels les aident dans leur vie quotidienne, leur insertion sociale et professionnelle. **Des maisons étape.** Le foyer d'hébergement s'externalise en mettant à disposition d'usagers des maisons ou appartements loués à l'extérieur de l'institution. Ce service vise à terme l'accès à un logement indépendant pour ceux qui en ont les capacités.

Un Foyer art et vie (FAV) C'est foyer occupationnel. Les adultes handicapés mentaux sont accueillis en internat. Celui-ci est axé sur les pratiques artistiques. L'objectif n'est pas de rester à vie dans ce foyer mais de pouvoir soit accéder à un ESAT ou bien à un autre foyer.

Un accueil de jour Couleurs et Création il accompagne des personnes vieillissantes en situation de handicap mental âgés de plus de 45 ans à temps plein ou à temps partiel. Comme pour le FAV, l'accent est mis sur les pratiques artistiques comme vecteur de développement et d'épanouissement.

Le Service d'éducation spéciale et de soins à domicile (SESSAD) : Il s'occupe d'enfants et adolescents en situation de handicap mental et avec Troubles Envahissants du Développement (TED) âgés de 3 à 20 ans. Cet accompagnement est effectué à domicile et ou dans l'établissement scolaire ordinaire du jeune.

L'Unité adolescents autistes : une équipe pluridisciplinaire accompagne des adolescents diagnostiqués autistes, en externat. Quand cela est possible certains jeunes sont inclus dans l'unité d'enseignement. Un internat accueille des adolescents autistes âgés de 12 à 18 ans.

L'institut Medico-Educatif du centre de la Gabrielle accueille environ 145 enfants et adolescents présentant une déficience intellectuelle moyenne ou profonde avec pour certains des troubles du comportement ; les enfants et adolescents ont tous un vécu d'échec scolaire. L'institution se compose d'un IMP accueillant les élèves âgés de 6 à14 ans et d'un IMPRO, pour les élèves âgés de 14 à 20 ans qui poursuit la scolarité de l'enfant tout en l'intégrant dans une optique professionnelle quand celle-ci est possible. Les prises en charge continuent, si besoin est, jusqu'à la sortie de l'élève, généralement à sa majorité. La sortie peut être différée si l'élève n'a pas de projet précis pour sa sortie. La structure possède un externat et un internat.

L'IME a signé un contrat avec l'éducation nationale qui a permis la création d'Unité d'Enseignement au sein de l'établissement avec l'affectation de 10 professeurs des écoles spécialisés ou non intervenant sur 10 classes. L'I.M.P. accueille une vingtaine enfants de 6 à 13 ans, l'enseignement est dispensé par 4 enseignants. Il se compose de 4 classes réparties en fonction de classe d'âge (ou de besoins éducatifs particuliers pour certains).L'I.M.Pro, à partir de 14ans, est composé de 6 classes dont 5 sont associées à un atelier pré professionnel. Les classes d'IMPRO ne sont pas des classes de niveau ou d'âge. Chaque classe travaille en partenariat avec un atelier pré professionnel. L'objectif est de lier ces deux lieux d'apprentissages et de répondre ainsi au mieux aux besoins éducatifs particuliers de chacun. La prise en charge des élèves s'articule autour d'un travail pluridisciplinaire entre éducateurs, enseignants, soins médicaux et thérapeutiques. Ces échanges s'inscrivent dans une démarche globale d'insertion sociale, scolaire ou professionnelle.

EPMS de l'Ourcq

C'est en 1972, à l'initiative du docteur André DARFEUILLE, maire de Claye-Souilly, que voit le jour l'IMED (Institution public Medico-Educatif Départemental) à Claye-Souilly. En 2012, l'IMED devient EPMS de l'OURCQ à la suite d'un regroupement et développement de structures autour de l'IME. Désormais, on y trouve différents services :

Un SESSAD Service d'Éducation Spéciale et de Soins à Domicile. Le SESSAD de la Grande Ile suit des enfants et adolescent déficients mentaux mais aussi des jeunes inscrits dans le dispositif ITEP. Il constitue un service annexe de l'EPMS. Les missions du SESSAD de la grande île sont similaires à celles de celui de la Gabrielle : insertion sociale et scolaire au domicile ou dans l'établissement scolaire de l'usager.

L'Externat Medico-Educatif (EME) accueille 130 enfants et adolescents handicapés mentaux âgés de 6 à 18 ans dans l'enceinte de l'Etablissement public médico-social de Claye-Souilly, ceci à temps complet ou à temps séquentiel. Le public accueilli est déficient intellectuel, porteurs de troubles envahissants du développement (TED) ou de troubles du comportement et de la conduite. Plusieurs unités composent cet établissement :

L'unité éducative accueille 70 enfants, adolescents et jeunes majeurs, de 5 à 20 ans, présentant une déficience intellectuelle moyenne ou sévère, associée ou non à des troubles physiques ou psychiques. L'établissement propose aux jeunes qui ne pourront intégrer le monde du travail et qui seront donc orientés vers des structures médico-sociales de type foyer occupationnel un dispositif spécifique d'aide et d'accompagnement dont l'objectif principal est l'accession à une autonomie affective, intellectuelle et fonctionnelle la plus large possible.

L'unité professionnelle accueille des jeunes déficients intellectuels légers et moyens avec ou sans troubles associés, âgés entre 12 et 18 ans, à temps complet ou séquentiel. Différentes activités de formation professionnelle sont proposées. Les objectifs poursuivis permettent aux jeunes d'acquérir des connaissances professionnelles et préparer son orientation. L'unité préprofessionnelle est composée d'un atelier restauration (cuisine et service en salle), d'un atelier conditionnement et d'un atelier multiservices.

L'UAF (Unité d'Accompagnement par la formation) située à Meaux (quartier Grosse Pierre) L'objectif de cette structure est de servir de passerelle entre l'établissement et la réalité du monde professionnel dans lequel le jeune va s'immerger.

L'ITEP, Institut Thérapeutique Educatif et Pédagogique, accueille des usagers de 14 à 18 ans présentant des troubles majeurs du caractère et du comportement. Certains sont accueillis en internat et d'autres en externat. Les jeunes accompagnés par ce service ont accès à un accueil en classe, en atelier éducatif et professionnel (restauration)

L'unité d'enseignement : La scolarité est assurée par 8 enseignants de l'éducation nationale mis à disposition de l'établissement par convention. Tous les enfants peuvent bénéficier d'une prise en charge scolaire jusqu'à 16 ans. Au-delà, la scolarité peut continuer jusqu'à 18 ans selon les projets. Les jeunes alternent les temps de classe et d'ateliers, qu'ils soient éducatifs ou pré professionnels. Ces échanges s'inscrivent dans une démarche globale d'insertion sociale, scolaire ou professionnelle à laquelle participent les enseignants.

Les écoles en milieu ordinaire

École Sainte-Marie

L'école Saint Marie appartient au groupe scolaire La Madone - École Privée Sainte-Marie de l'enseignement primaire catholique privé. Elle accueille 380 élèves qui suivent le programme pédagogique défini sous-contrat d'association avec le Ministère de l'Education Nationale. Cette école est composée de 4 classes de Maternelles aux effectifs modérés qui accueillent les enfants à partir de 3 ans et 10 classes élémentaires avec 2 classes par niveau du CP au CM2.

En cycle2, dans les classes de CP, CE1 et CE2, les élèves apprennent à travailler en suivant leur programmation. L'équipe pédagogique s'inspire de la pédagogie Montessori, reprise par le Père Faure dans les années 1970/90. L'équipe se base sur les avancées scientifiques sur le cerveau et le développement de l'enfant pour faire évoluer ses pratiques.

Cela permet un apprentissage plus flexible où les élèves peuvent se déplacer durant leurs activités et ne sont pas obligés de faire tous la même activité en même temps.

En cycle 3, la pratique la pédagogie coopérative est peu à peu mise en place. Cela consiste à résoudre une tâche à plusieurs, apprendre à partager son point de vue, à tenir compte des autres, à s'enrichir des apports des autres. Ce travail est basé lui aussi sur les avancées en neurosciences, notamment sur le fait que le conflit sociocognitif favorise un meilleur développement du cerveau. Plusieurs enseignants de l'établissement (lycée, collège et école) font partie d'un groupe de recherche action en neurosciences et impliquent les élèves à cette recherche. Ils sont co-chercheurs avec les professeurs.

École Sacré-Cœur

Cette école fait partie de l'ensemble scolaire Batignolles-épinettes. C'est un établissement d'enseignement catholique sous contrat d'association avec l'état. Elle est située dans le 17ème arrondissement de Paris. Elle se compose d'une maternelle avec 8 classes: 2 petites sections, 3 moyennes sections, 3 grandes sections et d'une élémentaire de 15 classes, 3 classes par niveau ainsi qu'une classe d'ULIS.

École Noue-Caillet

L'école NOUE CAILLET est située à BONDY, en Seine-Saint-Denis, au nord de la ville et au cœur de la cité. Elle accueille une population majoritairement issue de l'immigration et habitant dans la cité autour de l'école. Elle fait partie du groupe scolaire NOUE CAILLET/ CAMUS qui comprend 2 écoles élémentaires et 2 écoles maternelles. Elle est rattachée au collège Jean ZAY (de secteur) qui est en REP+. Elle accueille 9 classes ordinaires et une UPE2A. Il y a 199 élèves. L'UPE2A est une unité pédagogique pour les élèves allophones arrivants. Ce sont des dispositifs ouverts de soutien aux élèves dont la langue maternelle n'est pas le français.

Profil des sujets de l'expérience

Les enfants en difficulté scolaire

Les participants principalement concernés ici sont des enfants présentant une déficience intellectuelle dont le symptôme majeur est le retard mental et l'échec scolaire. Les pathologies rencontrées sont multiples, mais on peut les généraliser par des troubles du comportement, des enfants déscolarisés en raison d'hospitalisations prolongées, de traumatismes crâniens comportant des complications, de quotients intellectuels faibles à la suite de difficultés développementales, de difficultés de mémorisation, des enfants atteints de trouble déficitaires de l'attention, de problèmes d'hyperactivités et de concentration. D'autres enfants sont touchés par les maladies chromosomiques ou de nombreuses maladies orphelines. D'autres encore, présentant les mêmes symptômes de difficultés d'apprentissage, ont été victimes d'un environnement non stimulant, engendrant un sous-développement ou encore de pathologies psychologiques diverses pouvant aller jusqu'à des traits autistiques clairs. Enfin, les sujets présentant de troubles du caractère et/ou du comportement peuvent présenter également des carences graves lors des apprentissages scolaires. La particularité propre de la population de l'IME est le caractère psychotique des sujets.

Il est difficile d'en établir un descriptif précis ainsi qu'une catégorisation pertinente des élèves, puisque les lois en vigueur interdisent l'accès, couvert par le secret médical, à leurs dossiers à l'exception des référents psychologiques ou du personnel médical de l'établissement. D'autant que l'histoire de ces enfants ne donnerait ici que peu d'indication sur les difficultés qu'ils rencontrent dans l'apprentissage de la lecture, les interprétations des difficultés des sujets restant au demeurant très subjectives car multifactorielles. Retenons

simplement que ces élèves sont dans un processus qui va de l'approche des sons composés au début de déchiffrage des mots simples. Aucune évaluation en début de test ne permet de déterminer de manière complète le niveau de lecture des élèves afin d'en faire une étude comparative exacte. Rien ne permet non plus d'obtenir un niveau homogène du public concerné. Le niveau des élèves est demandé aux instituteurs avant l'épreuve, et l'accès à certaines informations cliniques dépend souvent de la bienfaisance et des connaissances des encadrants ainsi que des autorisations parentales, indispensables dans ce type de protocole.

La population des Etablissements Spécialisés

Pour une description plus claire du type de population de l'IME qui nous servira de cadre pour notre expérience, on trouvera en annexe une description claire des activités menées dans l'école ainsi que du matériel et des logiciels utilisés. On recense ainsi : troubles du comportement, enfants déscolarisés à cause d'hospitalisations prolongées, traumatisme, quotient intellectuel faible, défauts de mémorisation, incapacités d'attention et de concentration, déficients mentaux légers, cas sociaux, trisomies et pathologies psychologiques diverses, mais la particularité propre de la population est le caractère psychotique des élèves. Parmi les déficiences caractéristiques des enfants handicapés mentaux avec lesquels nous travaillerons, on peut noter également une perception intellectuelle insuffisante et un comportement exploratoire impulsif, non planifié, des difficultés à considérer plusieurs aspects simultanément et de les rassembler, les confronter et les organiser, une insuffisance d'instruments cognitifs de discrimination et des notions verbales insuffisamment développés[5].

Sur l'ensemble des deux IME, c'est environ 40 sujets de l'EPMS de l'Ourcq et environ 60 sujets de l'IME du centre de La Gabrielle qui vont être testés. Sur l'ensemble, nous évaluons de manière anticipative à 50% la perte qui devra être subis au cours des tests. En d'autres termes, sur de bonnes conditions, nous espérons récolter environ 50 sujets qui auront distribué assez de données pour l'analyse pertinente de notre étude. Les aléas, dont nous ne pouvons citer ici la longue liste, vont faire que nombre d'entre eux ne pourront mener l'expérience à son terme.

Il est fort compliqué de créer les groupes distincts et équilibrés dont nous avons besoin pour notre expérience au sein de la population d'IME. La catégorisation des pathologies et des différents troubles qui l'accompagnent résulte de l'analyses clinique qui reste encore aujourd'hui partiales car obéissantes aux différentes approches et voies d'analyses, rarement autocritiques et souvent plurielles, qui se pratiquent sur le terrain. Les phénomènes de vicariance[32] et de compensation auront fini de reléguer en eaux troubles tout espoir d'une classification assez pertinente pour supporter la rigueur scientifique nécessaire à notre étude.

Ainsi, nous retiendrons d'abord plusieurs groupes en fonction des niveaux scolaires : des non-lecteurs qui arrivent juste à déchiffrer les ensembles phonétiques logiques[7] ou utilisent parfois la photographie des mots pour les retenir. Ce seront les sujets les plus intéressants pour notre étude. Un autre groupe qui commence à maîtriser la combinatoire mais ne possède pas la lecture, car l'accès à la sémantique des textes (même simples) n'est pas acquis. Enfin un dernier groupe d'élèves est lecteur mais montre de réelles difficultés à lire des textes complexes. Cet échantillon de population va nous permettre un examen plus précis des dysfonctionnements dans les travaux dirigés de notre logiciel interactif.

[32] La vicariance dit qu'une même fonction peut être remplie par plusieurs processus différent. Processus qui peuvent être complémentaires ou se suppléer les uns aux autres.

Résultats de l'expérience

Analyse des données exposant la méthodologie de récupération des données CSV à partir de fichiers tableur, du tableau synoptique de la synthèse des données, du tableau dynamique récapitulatif des données brutes quantitatives, du récapitulatif des données qualitatives des systèmes d'aides, des manipulations du logiciel par niveau d'exercices, du récapitulatif des données quantitatives à ligne réduites, des données qualitatives et ordinales des « aides bigrammes » des données des « aides consignes » et aide bigrammes, des données qualitatives et ordinales des « aides lettres ». Ainsi que la synthèse des données milieu ordinaire vs IME

Analyse des données

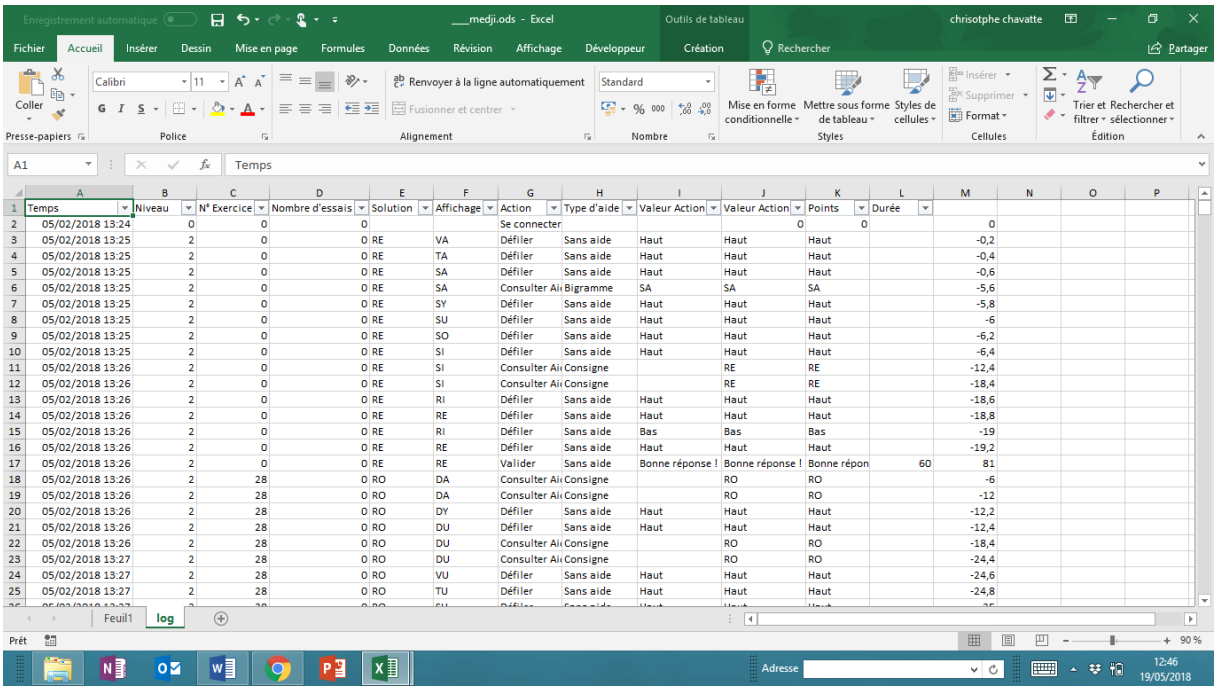
Méthodologie de récupération des données

Chacun des sujets sera désigné selon son école, sa classe et les initiales de son nom, initiales qui seront cryptés afin de garder l'anonymat des sujets de l'expérience. Ainsi, avec le code correspondant, on peut facilement faire de regroupement hiérarchique par classe ou par école ou autres informations contenues dans la légende.

Pour la lecture de données, une trame spécifique permet de passer des données brutes à un tableau synoptique de l'ensemble des sujets. Ces données brutes sont fournies comme présentées en Annexes pour le Sujet Test. À partir de ces données, nous pouvons déjà analyser un certain nombre d'éléments individuels préfigurant l'analyse de groupe. Cette dernière étape nécessite effectivement de réunir toutes les données en un seul tableau récapitulatif. Aussi, étant donné la quantité importante de données pour chaque individu, un regroupement classique (manuel) n'est-il pas envisageable ; il nous faut d'abord agencer nos données lors du regroupement afin d'obtenir certaines informations. Prenons pour exemple le temps moyen de réponse pour chaque exercice, temps moyen qui pourra être comparé avec celui des tests de lecture. Ce dernier ne peut pas être mis en relation directement, car le temps de lecture ne peut pas être réduit au temps de manipulation d'un mot pour son écriture mais peut être mis en corrélation avec, par exemple, un sujet qui aurait un même temps de lecture mais qui serait beaucoup plus lent ou rapide sur logiciel.

Ainsi, afin d'obtenir ces « tableaux de données transitoires », nous avons procédé par une manipulation de tableau croisé dynamique couplé avec du code VBA, afin de récupérer la totalité des éléments de données qui nous intéresse. Le lecteur pourra trouver présenté en Annexes, en page 284, l'opération du tableau dynamique qui nous permet d'obtenir nos résultats ainsi que le code source faisant tourner le système. Ces données brutes au format CSV vont ensuite être transformées pour correspondre à un fichier Excel présenté dans la figure suivante :

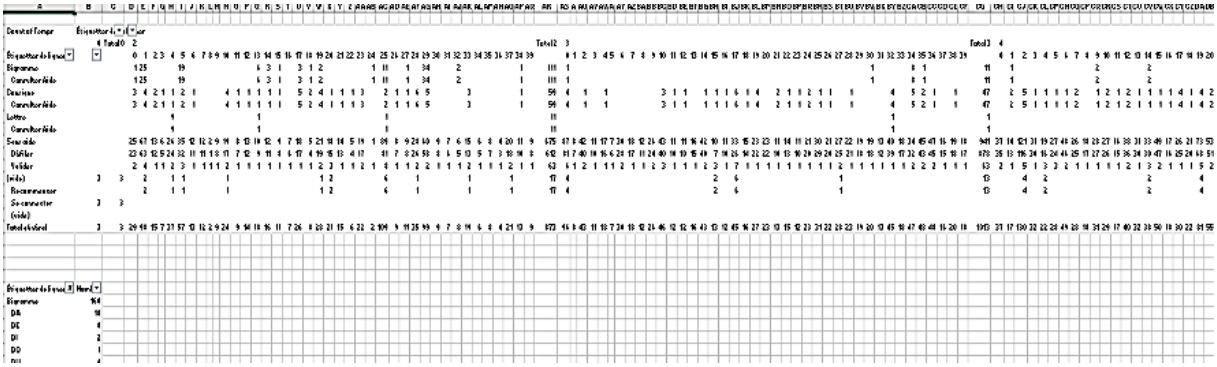
Figure 51 - fichiers tableur à partir des données CSV du Sujet Test



Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action	Points	Durée	
05/02/2018 13:24	0	0	0			Se connecter			0	0		0
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	VA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-0,2
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	TA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-0,4
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-0,6
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SA	Consulter Ai	Bigramme	SA	SA	SA		-5,6
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SY	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-5,8
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-6
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SO	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-6,2
05/02/2018 13:25	2	0	0	RE	SI	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-6,4
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	SI	Consulter Ai	Consigne		RE	RE		-12,4
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	SI	Consulter Ai	Consigne		RE	RE		-18,4
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	RI	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-18,6
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	RE	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-18,8
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	RI	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas		-19
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	RE	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-19,2
05/02/2018 13:26	2	0	0	RE	RE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne répon	60	81
05/02/2018 13:26	2	28	0	RO	DA	Consulter Ai	Consigne		RO	RO		-6
05/02/2018 13:26	2	28	0	RO	DA	Consulter Ai	Consigne		RO	RO		-12
05/02/2018 13:26	2	28	0	RO	DY	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-12,2
05/02/2018 13:26	2	28	0	RO	DU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-12,4
05/02/2018 13:26	2	28	0	RO	DU	Consulter Ai	Consigne		RO	RO		-18,4
05/02/2018 13:27	2	28	0	RO	DU	Consulter Ai	Consigne		RO	RO		-24,4
05/02/2018 13:27	2	28	0	RO	VU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-24,6
05/02/2018 13:27	2	28	0	RO	TU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut		-24,8

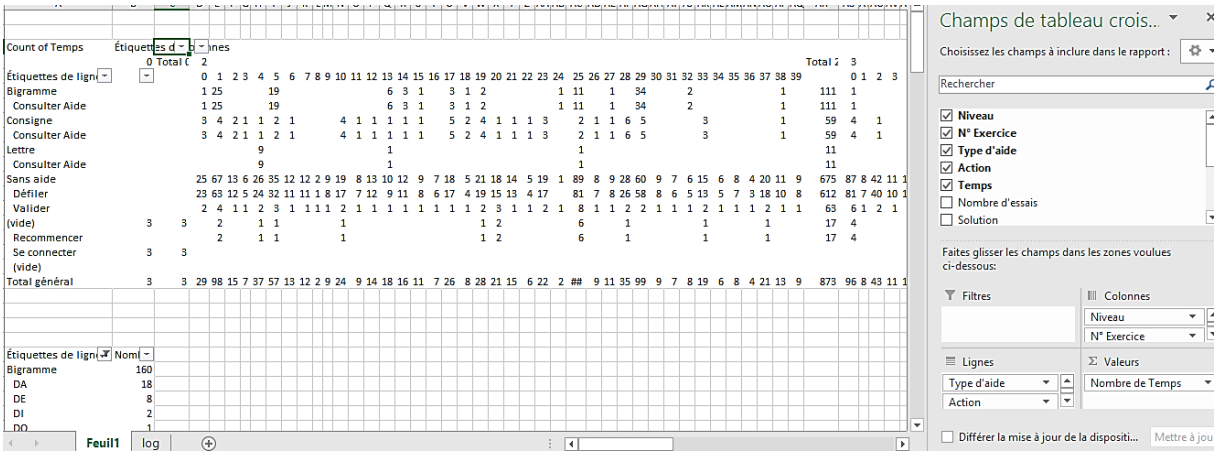
Le tableau synoptique se présente de la manière exposée en Figure 52 - tableau synoptique de la synthèse des données du sujet Test - ci-dessous, l'on peut voir deux frames distincts. Une première frame horizontale en 16 lignes de données « développées » s'optimise en 11 lignes de données « réduites » par N colonnes, soit le nombre exact d'événements à traiter pour les données de chaque sujet en valeur numérique. Une seconde frame verticale présente les systèmes d'aides utilisées (appel d'une aide sonore) en valeur qualitative pour indiquer le type d'aide et en valeur numérique pour indiquer nombre de sollicitation. Ces valeurs occupent la feuille 1 et seront expliquées dans le chapitre suivant, d'autres valeurs sont exposées en feuille 2, qui sera renommée pour l'occasion « log », à savoir le compte rendu du fichier de données « log » commenté plus haut.

Figure 52 - tableau synoptique de la synthèse des données du sujet Test



Pour zoomer sur le contenu de la première frame horizontale, nous avons donc dû faire un premier tableau dynamique croisé présentant une synthèse des données en colonnes, comme exposé dans la figure ci-dessous

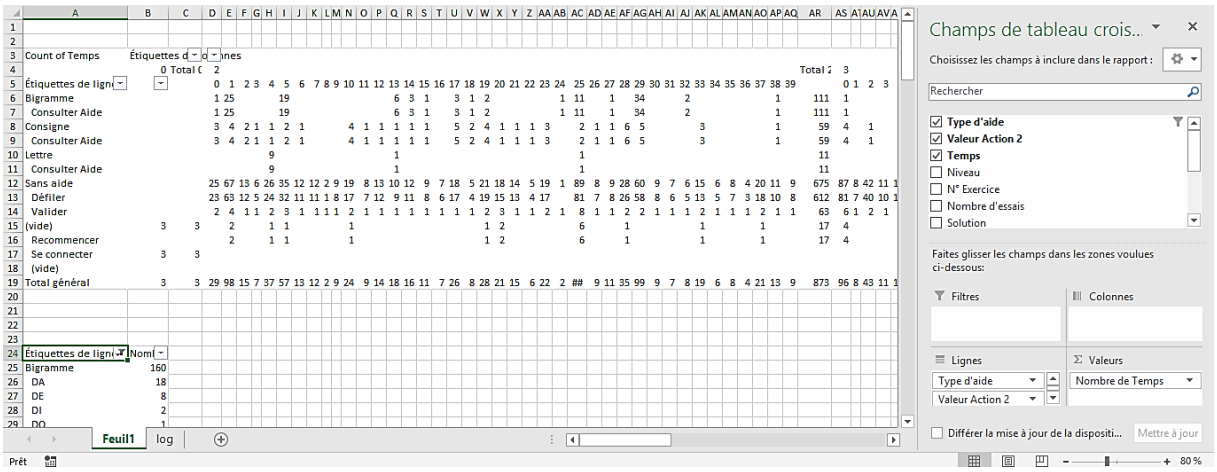
Figure 53 - tableau dynamique récapitulatif des données brutes, exemple de Test



Nous pouvons lire dans le champ de tableau croisés que ce tableau résume les champs : du niveau d'exercice, du numéro des exercices, des types d'aides sollicités pendant chaque exercice, des différents types d'actions effectuées pendant l'exercice comme le nombre de « navigation » le nombre de « valider » et le nombre de « recommencer » et enfin les « temps » présentant la durée de la réalisation de chaque exercice par le sujet. Le tableau dynamique croisé, comme l'indique son principe, dévoile les sommes de tous les événements. Il faut noter, comme expliqué plus haut, que la figure présentée expose les données non réduites, c'est-à-dire comportant les lignes de calcul et donc des lignes en doublons qui servent uniquement pour certains calculs opéré par le programme VBA.

Pour la frame verticale du fichier s'occupant de la nomenclature des systèmes d'aide, on peut examiner la Figure 54 - bilan des données qualitatives des systèmes d'aides, exemple de Test - qui exposent les entrées de données qui sont recueillies.

Figure 54 - bilan des données qualitatives des systèmes d'aides, exemple de Test

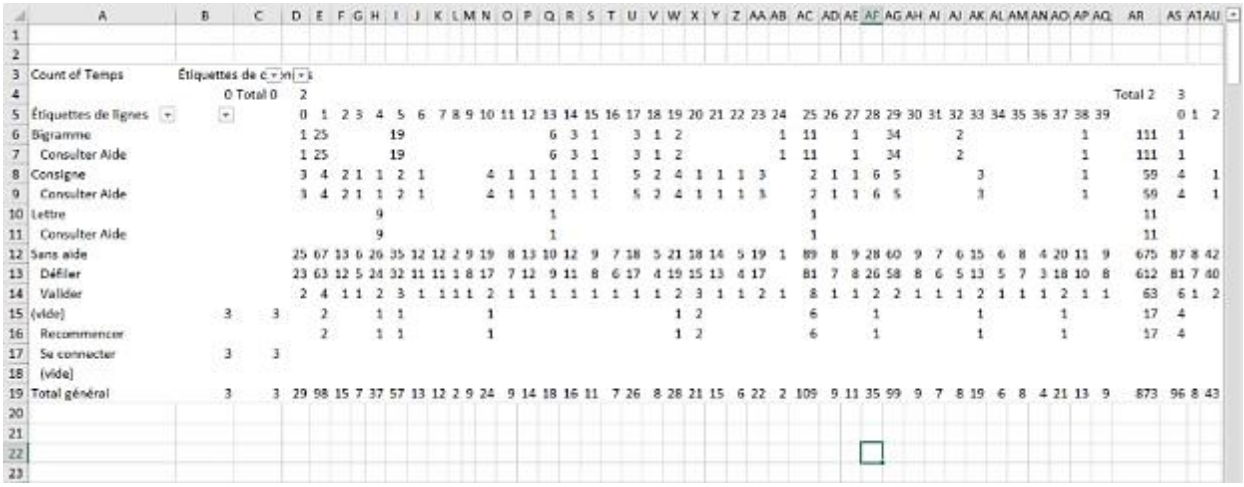


On peut voir dans le champ de tableau croisés, petite frame à droite de la figure ci-dessus, que le résumé des champs du type d'aide sont présentées. Elles le sont d'abord pour les aides « bigrammes » avec la présentation des différents sons affectés de leur nombre d'occurrence, où l'on peut lire, dans notre exemple, 160 sollicitations au total. Le détail des bigrammes sollicités est indiqué dans la suite du tableau de la feuille 1, comme présenté dans la figure ci-dessus.

Sur cette même feuille, à partir de la ligne 24 de notre tableau, l'on trouve l'ensemble des « aides bigramme » qui ont été sollicitées par l'élève (tous exercices confondus), classées par ordre alphabétique. Ces données vont permettre d'approfondir, lors des mises en corrélation de l'utilisation des aides, les types d'aides sollicités et leur gain en termes de réussite aux exercices.

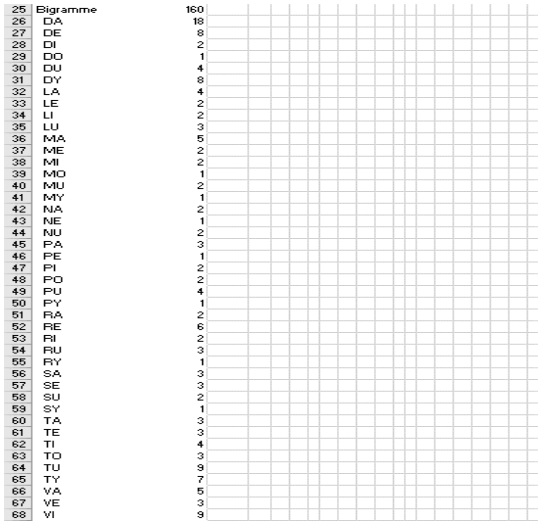
Figure 57 - frame verticale présentant les « aides bigrammes » du sujet Test

Figure 55 - bilan des données à lignes développées du sujet Test



| Count of Temps | Étiquettes de c | | |

Figure 57 - frame verticale présentant les « aides bigrammes » du sujet Test

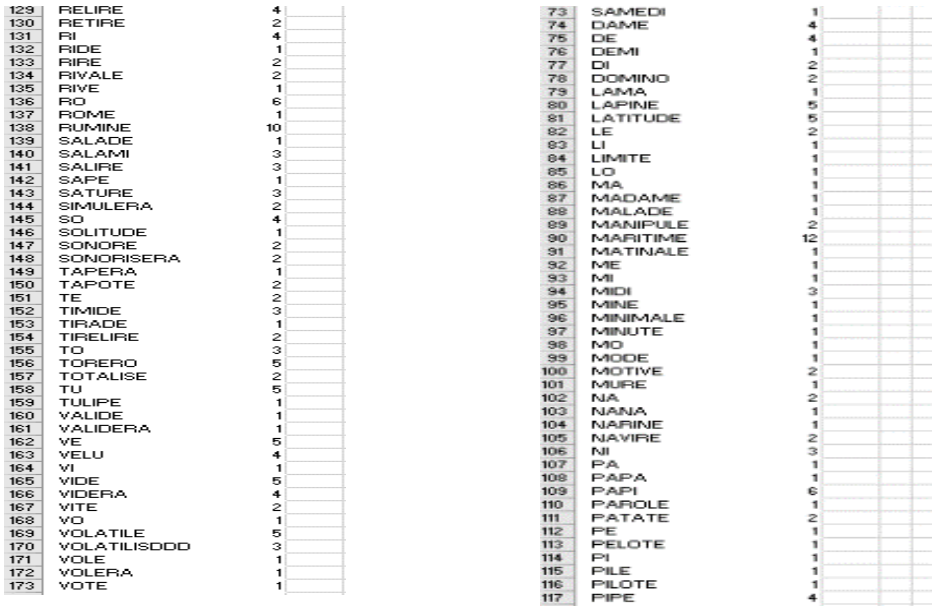


Bigramme	160
DA	18
DE	8
DI	2
DO	1
DU	4
DY	8
LA	4
LE	2
LI	2
LU	3
MA	5
ME	2
MI	2
MO	1
MU	2
MY	1
NA	2
NE	1
NU	2
PA	3
PE	1
PI	2
PO	2
PU	4
PY	1
RA	2
RE	6
RI	2
RU	3
RY	1
SA	3
SE	3
SU	2
SY	1
TA	3
TE	3
TI	4
TO	3
TU	9
TY	7
VA	5
VE	3
VI	9

Ce tableau sous forme d'index alphabétique peut également se lire sous forme hiérarchique. On peut faire l'examen ici d'un grand nombre de sollicitations pour des bigrammes spécifiques qui affichent des valeurs allant de 1 à 9. Le bigramme DA semble avoir été trop sollicité, ce qui peut être dû au fait que c'est le bigramme affiché par défaut au début des exercices. On peut donc comprendre que cette sollicitation n'est pas associée à une difficulté d'exercice mais plutôt à une manipulation hasardeuse ou contrevenante du logiciel dans son utilisation que nous ne pouvons déterminer plus profondement ici.

La figure suivante expose le nombre de sollicitations de système d'aide pour la réitération de la consigne de recherche.

Figure 58 - données des « aides consignes » et aide bigrammes du sujet Test



RELIRE	4
RETIRE	2
RI	4
RIDE	1
RIRE	2
RIVALE	2
RIVE	1
RO	6
ROME	1
RUMINE	10
SALADE	1
SALAMI	3
SALIRE	3
SAPE	1
SATURE	3
SIMULERA	2
SO	4
SOLITUDE	1
SONORE	2
SONORISERA	2
TAPERA	1
TAPOTE	2
TE	2
TIMIDE	3
TIRADE	1
TIRELIRE	2
TO	3
TORERO	5
TOTALISE	2
TU	5
TULIPE	1
VALIDE	1
VALIDERA	1
VE	5
VELU	4
VI	1
VIDE	5
VIDERA	4
VITE	2
VO	1
VOLATILE	5
VOLATILISDDD	3
VOLE	1
VOLERA	1
VOTE	1

SAMEDI	1
DAME	4
DE	4
DEMI	1
DI	2
DOMINO	2
LAMA	1
LAPINE	5
LATITUDE	5
LE	2
LI	1
LIMITE	1
LO	1
MA	1
MADAME	1
MALADE	1
MANIPULE	2
MARITIME	12
MATINALE	1
ME	1
MI	1
MIDI	3
MINE	1
MINIMALE	1
MINUTE	1
MO	1
MODE	1
MOTIVE	2
MURE	1
NA	2
NANA	1
NARINE	1
NAVIRE	2
NI	3
PA	1
PAPA	1
PAPI	6
PAROLE	1
PATATE	2
PE	1
PELOTE	1
PI	1
PILE	1
PILOTE	1
PIPE	4

Nous voyons ici sur deux figures l'ensemble des sollicitations de consignes avec leurs valeurs quantitatives. Nous observons que sur « maritime » et sur « rumine » l'aide consigne a beaucoup été sollicitée. L'analyse des données sur les manipulations des exercices pourra fournir des réponses sur ce type de sollicitations excessives.

Enfin le dernier type d'aide comptabilisé est le son des lettres (aide lettre). L'analyse montrera qu'elles sont beaucoup moins sollicitées. Le sujet comprend donc qu'elles sont moins déterminantes que les bigrammes pour la recherche de solution. Elle peut aussi indiquer une stratégie de recherche de solution.

Figure 59 - frame verticale des données des « aides lettres » du sujet Test

	A	B
163	VELU	4
164	VI	1
165	VIDE	5
166	VIDERA	4
167	VITE	2
168	VO	1
169	VOLATILE	5
170	VOLATILISDDD	3
171	VOLE	1
172	VOLERA	1
173	VOTE	1
174	Lettre	16
175	A	3
176	D	2
177	O	1
178	P	1
179	R	1
180	S	3
181	U	1
182	V	1
183	Y	3
184	Total général	400
185		

Les données indiquent par exemple ici 16 sollicitations de l'« aide lettre » de manière assez équitable si l'on s'attarde sur le détail. On voit aussi enfin sur le tableau le nombre total d'aide utilisée, nombre qui pourra être utilisé pour une analyse globale et à mettre en corrélation avec les scores de reconnaissance. Ces feuilles de calcul sont regroupées dans un même fichier pour chaque individu. Nous pouvons ainsi utiliser les outils VBA pour aller chercher des éléments de données afin de les comparer sur chacun ou un ensemble d'individus.

Tableaux des synthèses des différents groupes

L'ensemble de résultats devra être présenté sous la forme d'un tableau récapitulatif permettant de comparer les individus d'une même institution mais aussi les sujets entre eux, selon leur milieu, leur évolution et leurs scores. Pour produire ces données, nous allons donc opérer les différentes étapes décrites ci-dessus (avec pour exemple le sujet test) pour l'ensemble des autres sujets. Nous allons commencer par la première série de données, qui est la frame verticale proposant la synthèse des différentes manipulations du logiciel.

On peut donc observer une première étape en Annexes p. 330, où les tableaux de synthèse sont regroupés sur une même feuille par catégories de classe et d'école. Les tableaux présentent des groupes de lignes de données par sujet sont identifiés par les coordonnées suivantes : Ecole, Classe, Version, NomPrénom.

L'étape suivante consiste à regrouper les sommes de données par exercices qui vont livrer pour chaque niveau : le nombre de bonnes réponses le nombre de mauvaises réponses, les « aides bigrammes », « aides lettres » et « aides consignes », le nombre de navigation et le score globale par niveau. En réduisant les étiquettes de colonnes, on obtient presque toutes les données nécessaires pour cette synthèse. Le reste des données pouvant être obtenu à partir du fichier « log » présenté plus haut.

Figure 60 - manipulations du logiciel par niveau d'exercices du sujet Test

Count of Temps	Étiquettes de colonnes				
Étiquettes de lignes	0	1	2	3	Total général
Bigramme			62	82	144
Consigne			10	8	18
Lettre			3		3
Sans aide	17	90	675	569	1351
(vide)	2	1	21	8	32
Total général	19	91	771	667	1548

La présentation finale de notre tableau de synthèse devra donc présenter les entrées suivantes : br1, mr1, bg1, cn1, lt1, nv1, sc1 ; br2, mr2, bg2, cn2, lt2, nv2, sc2 ; br3, mr3, bg3, cn3, lt3, nv3, sc3. Pour les affectations suivantes br1 : bonnes réponses de niveau 1 ; mr1 : mauvaises réponses de niveau 1 ; bg1 : nombre d'aides bigrammes de niveau 1 ; cn1 : nombre d'aides consigne de niveau 1 ; lt1 : nombre d'aides lettres de niveau 1 ; nv1 : nombre de navigation de niveau 1 ; sc1 : score des exercices de niveau 1. Les mêmes sigles étant incrémentés signifiant les mêmes énoncés mais pour les niveaux correspondants à l'indice.

Ainsi, on aboutit donc sur un tableau récapitulatif des évènements qui compile les lignes par niveau pour obtenir, pour l'ensemble des sujets des milieux ordinaires et spécialisés, les tableaux suivants que nous allons présenter et commenter. La présentation commence par le Tableau 36 - synthèse des données milieu ordinaire version A - du logiciel pour les élèves de l'école Sainte Marie (indexé SM) et Sacré cœur (indexé SC).

Tableau 36 - synthèse des données milieu ordinaire version A

	BG0	CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
SMSAGA	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	16	10	16	449	47	7	11	9	6	836	40	12	22	22	7	1505	41	20	0	3	0	445	16	0
SMSADM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	18	4	517	40	17	14	28	1	684	40	11	28	94	0	1289	40	32	1	2	0	176	0	2
SMSAJS	0	0	0	10	5	0	0	0	0	85	14	2	1	2	0	559	40	42	0	0	0	501	40	1	2	2	0	891	29	19	6	5	3	110	0	2
SMSAJJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	9	9	2	8	8	630	40	29	7	15	0	890	40	27	16	14	0	1335	33	37	18	4	0	91	5	4
SMSALS	0	3	0	57	10	10	0	5	0	182	13	34	74	16	7	513	41	17	159	24	2	1110	30	39	23	1	0	242	8	2	9	4	0	33	0	0
SMSAMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	59	11	612	46	17	11	47	1	878	50	13	18	78	1	1630	49	30	14	35	0	624	16	3
SMSATA	0	1	0	40	19	0	0	4	0	91	34	9	28	20	4	881	80	35	29	24	2	773	71	3	195	23	1	1207	66	12	151	9	0	1033	35	4
SMSAAP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	19	11	429	40	4	14	11	20	707	40	1	11	13	10	1062	40	16	0	8	10	568	16	2
SMSAYJ	0	3	0	18	6	0	0	4	0	53	10	0	4	4	0	346	40	3	95	31	6	973	43	24	118	13	0	432	11	7	4	0	0	3	1	0
SMSAHD	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	12	7	8	521	33	9	5	8	5	851	30	21	40	21	2	1509	41	15	2	4	0	325	10	2
SMSABR	0	0	2	15	2	0	0	0	0	0	0	0	4	12	3	602	32	18	18	14	9	589	42	18	32	54	0	1395	51	28	9	6	0	154	4	1
SMSATG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	15	1	2	3	0	541	66	25	2	5	0	602	33	6	5	6	0	954	37	14	5	1	0	95	1	3
SMSASB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	11	5	1	5	5	682	53	19	1	35	2	951	30	24	18	18	4	1452	58	24	12	8	2	24	12	3
SMSAVR	0	3	0	12	5	3	0	4	2	177	24	19	57	12	9	492	51	14	59	12	0	1052	26	34	35	9	0	325	7	8	5	6	0	54	1	0
SCYOKM	0	0	1	12	3	0	0	0	0	0	0	0	84	40	9	584	35	19	5	59	0	958	52	19	11	70	2	1802	47	24	17	21	0	599	9	5
SCYOAR	0	1	0	17	4	0	0	7	0	83	35	7	12	13	5	907	69	31	24	20	9	789	62	9	155	32	4	1504	56	19	95	2	0	965	42	3
SCYOTF	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	16	11	4	502	31	8	19	19	15	805	47	5	9	23	5	995	35	15	2	4	5	485	13	1
SCYOTJ	0	3	0	29	3	4	0	3	0	47	12	0	8	6	1	421	44	5	59	41	4	1200	40	21	95	21	1	495	13	2	9	1	1	4	2	0
SCYOAJ	0	0	1	7	2	0	0	0	0	0	0	0	12	9	2	421	19	6	15	11	5	715	34	7	19	32	8	1250	35	11	6	4	8	502	11	0
SCYORC	0	4	0	31	2	2	0	1	1	38	4	4	4	3	2	389	42	2	35	28	9	995	40	14	58	14	5	564	14	3	5	2	4	8	2	1

Les résultats semblent équilibrés aux vues des données, de « bonne réponse » et « mauvaise réponse » pour les niveaux 2, 3 et 4 qui nous intéresse ici. Ils sont le cœur des exercices permettant l'évaluation des compétences correspondant aux exercices de déchiffrage. La surprise vient peut-être du même équilibre pour les valeurs de navigation. Cela montre que les sujets ont globalement opéré le même type de navigation en moyenne pour obtenir leurs solutions.

Il faut affiner notre examen et calculer le ratio en fonction du nombre d'exercices effectués. Ce ratio nous donne pour l'ensemble les résultats suivants :

16,71	13,83	11,41	13,86	13,61	15,22	10,72	15,59	13,68	19,34	13,68	11,59	14,83	13,35	17,06	13,01	16,33	16,93	21,30	16,94

Les résultats vont augmenter dans les exercices de mots plus longs et plus difficile mais la moyenne de 15 navigations par exercices montre que les élèves n'ont pas tergiversé sur le moyen d'aller à la solution. Les mauvaises réponses sont de réponses qui sont dû à des erreurs et non à des difficultés à proposer une solution à l'exercice. Toutefois le nombre de mauvaise réponse reste élevé. Après examen plus profond des résultats il semble qu'elles soient pour l'ensemble imputable en partie à des difficultés matérielles, notamment pour ce groupe la qualité des casques audio, qui ne permettent pas toujours d'apprécier les sons des consignes. Cela se traduit par des hésitations (mi pou ni ; da pour ta) ou encore de erreurs persistantes sur des bigrammes dont les enfants ont du mal à entendre. Les erreurs sur ces bigrammes disparaissent complétement dans les exercices plus complexes mais plus distincts où il s'agit de trouver des mots de 4 ou 6 lettres.

On voit également que les exercices de calibrage ont été peu effectués, sans doute par désintérêt ou négligence puisque les sujets ont utilisé les possibilités du logiciel pour passer ces étapes, de moindre importance pour le milieu ordinaire car ils présentent rarement un retard psychomoteur. Cela montre un esprit d'initiative et surtout la capacité à estimer le niveau des tests qu'ils doivent exécuter (aptitude métacognitive). Si nous faisons la somme de toutes les aides utilisés pour chaque élève (dans l'ordre), nous obtenons les valeurs suivantes :

125	197	21	92	327	386	491	157	282	116	163	29	111	213	319	379	132	253	132	175

Nous voyons que ces valeurs sont assez disparates avec deux valeurs exceptionnellement basses (21 et 29) et le reste en distribution homogène. Ces valeurs sont à mettre en relief avec le nombre de propositions :

167	180	192	224	204	205	329	141	144	150	191	197	224	191	199	292	143	144	114	127

Pour donner les résultats suivants pour le nombre d'aide par proposition :

1,34	0,91	9,14	2,43	0,62	0,53	0,67	0,9	0,51	1,29	1,17	6,79	2,02	0,9	0,62	0,77	1,08	0,57	0,86	0,73

On constate que les valeurs d'aides utilisés coïncident souvent avec le nombre d'essais en dehors des deux scores 21 et 29. Ces données sont à considérer en fonction des bonnes et mauvaises réponses. Si on se reporte au Tableau 36 - synthèse des données milieu ordinaire version A - que les hautes valeurs du système d'aides correspondent plutôt à des hautes valeurs de bonnes réponses, ce qui confirme notre observation précédente d'une utilisation des systèmes plutôt comme une sécurité permettant de donner un grand nombre de bonnes réponses. Les données du tableau 36 seront analysées plus en détail en fin de chapitre.

Les données pour les sujets de milieu ordinaire de l'école Noue-Caillet et Roger Salengro de Bondy de la version B du logiciel :

Tableau 37 - synthèse des données milieu ordinaire version B -

	BG0	CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
RSMITI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	205	40	1	3	2	0	657	40	2	2	9	1	631	21	10	0	0	0	0	0	0
RSMIAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	###	38	3	1	4	0	524	39	2	3	61	0	788	17	17	0	0	0	0	0	0
RSMIBV	0	0	0	9	3	0	0	0	0	72	8	2	0	1	0	325	35	6	0	0	0	428	34	0	0	0	0	764	22	14	0	0	0	0	0	0
RSMIBJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	7	1	0	1	0	406	40	2	0	6	0	689	47	4	1	2	0	851	19	21	0	0	0	0	0	0
RSMICT	0	4	2	21	5	1	0	1	0	154	8	1	5	3	0	289	40	1	25	9	0	807	55	5	2	0	0	69	3	0	0	0	0	0	0	0
RSMIIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	6	1	321	40	1	3	24	0	715	44	2	2	50	0	714	24	11	0	0	0	0	0	0
RSMILS	0	2	0	15	4	0	0	1	0	82	7	1	5	2	0	452	45	3	4	11	0	634	59	0	38	11	0	799	35	2	0	0	0	0	0	0
RSMIMD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	1	325	38	0	5	3	4	691	34	0	2	2	1	654	24	4	0	0	0	0	0	0
RSMIMI	0	2	0	24	5	0	0	1	0	45	7	0	0	1	2	289	37	0	19	17	0	759	51	2	41	4	0	152	5	2	0	0	0	0	0	0
RSMINT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	0	2	1	0	425	29	0	2	3	0	706	39	1	9	16	0	634	26	3	0	0	0	0	0	0
RSMISL	0	0	2	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	537	38	1	11	7	0	427	48	1	4	25	0	957	34	11	0	0	0	0	0	0
RSMIYN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	8	1	0	0	0	438	48	2	0	2	0	506	32	0	0	0	0	455	21	2	0	0	0	0	0	0
RSMIZA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	7	5	0	0	0	495	51	1	0	18	0	749	46	2	4	4	0	954	38	3	0	0	0	0	0	0
RSMIMJ	0	1	0	17	5	1	0	0	1	157	9	1	8	2	0	347	40	1	29	7	0	823	42	3	6	1	0	57	2	1	0	0	0	0	0	0
RSMIAB	0	0	1	15	3	0	0	0	0	0	0	0	11	9	0	496	38	1	0	34	0	758	55	2	2	34	0	634	29	5	0	0	0	0	0	0
NCALBY	0	2	0	18	4	0	0	2	0	72	8	1	3	3	0	712	56	3	10	12	1	634	58	1	64	24	0	847	38	3	0	0	0	0	0	0
NCALVB	0	0	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	356	33	0	5	9	2	695	38	0	1	14	0	564	26	2	0	0	0	0	0	0
NCALLM	0	4	0	14	4	0	0	1	0	38	7	0	1	1	1	302	34	0	28	26	0	894	46	3	43	11	0	72	4	0	0	0	0	0	0	0
NCALJE	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	349	24	0	11	4	0	577	35	0	5	18	0	451	19	1	0	0	0	0	0	0
NCALAF	0	3	0	19	4	0	0	0	0	31	5	0	0	0	0	298	34	0	24	12	1	854	43	1	33	8	0	105	6	0	0	0	0	0	0	0

Nous pouvons reporter les mêmes observations que le groupe précédent avec quelques compléments. Certains élèves peuvent avoir plus de réponses que le nombre d'exercices proposés. Pour expliquer cette observation, en examinant le relevé plus en détail, c'est au niveau de traitement des données présentés en Annexes, nous voyons que certains ont recommencé des exercices qu'ils avaient déjà réussis. D'autres élèves ont créé plusieurs connexions avec différents noms (ex sarah et Sarah puis Sarha) et nous avons regroupé l'ensemble des exercices effectués pour constituer le relevé de données, l'ensemble total des exercices devant être pris en compte pour l'analyse des données. Pour l'analyse des données de ratio, du nombre d'aides et d'exercices effectués nous avons les valeurs suivantes

13,10	37,27	13,67	14,63	11,20	14,34	13,09	16,70	12,37	18,01	14,44	13,32	15,59	13,79	14,52	13,79	16,31	14,57	17,43	14,96
23	72	1	10	51	95	74	27	87	33	51	2	26	55	91	121	35	116	40	81

Si les valeurs restent visiblement les mêmes en termes de constance dans leur ensemble on constate qu'elles sont sensiblement inférieure. Cette différence peut être due au décalage d'un mois entre les deux séries de tests. L'équipement en ordinateur exigeant une latence qui à ce stade, vu la rapidité de l'évolution des apprentissages peut se montrer significatif. Les consignes données par l'enseignant lors des séances peuvent aussi modifier les comportements. Fort est de constater que pour l'ensemble, les aides sont peu nécessaires et plutôt utilisés en début de parcours. Nous avons dans ces données un groupe de colonnes supplémentaires du niveau 5, les sujets sur ces tests ayant été plus loin dans le logiciel.

Le nombre d'exercices effectués étant plus faible que le groupe précédent, le ratio aide-nombre d'exercice réussi reste toutefois supérieur aux vues du récapitulatif d'exercices exécutés suivants :

114	116	124	141	119	122	156	100	109	100	135	114	153	105	133	172	101	98	79	93

On voit également en se référant au Tableau 37 - synthèse des données milieu ordinaire version B - que le taux de mauvaise réponse a considérablement chuté (5,7 en moyenne contre 11,14 sur les résultats précédents).

Observons maintenant les données pour les sujets de milieu spécialisé du centre de La Gabrielle ayant travaillé sur la version A du logiciel :

Tableau 38 - synthèse des données milieu spécialisé version A -

	BG0	CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
LGC1YD	0	3	0	18	6	0	0	4	0	53	10	0	4	4	0	346	40	3	95	31	6	973	43	24	118	13	0	432	11	7	0	0	0	0	0	0
LGC1MY	0	7	1	59	9	0	0	5	0	158	14	12	10	16	0	569	46	9	202	36	2	1048	21	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DJ	0	0	0	12	6	0	0	0	0	32	7	4	16	4	0	341	22	14	11	3	0	498	40	4	71	3	0	610	32	7	0	0	0	0	0	0
LGC1TM	0	1	0	31	11	1	0	12	0	121	14	9	9	54	1	514	44	21	3	21	3	412	22	10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	52	0	2
LGC1VV	0	2	17	67	5	4	0	5	37	187	10	19	322	27	39	1665	60	85	59	18	57	812	2	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DR	0	5	1	58	16	14	0	57	2	1331	33	146	72	24	26	1122	39	98	3	0	0	44	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1ES	0	12	44	138	7	2	0	30	132	330	6	5	240	348	250	2610	19	26	512	450	192	5960	5	34	0	0	0	0	0	0	0	8	26	40	0	8
LGC1MS	0	0	0	0	0	0	0	6	0	55	10	4	212	15	3	496	40	10	232	12	1	454	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1MH	0	5	4	16	5	1	0	5	7	154	10	3	67	19	8	437	45	13	79	11	1	491	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DR	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	220	13	2	553	40	15	13	2	0	46	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	9	4	534	40	11	13	15	4	954	40	9	0	1	0	323	10	2	0	0	0	0	0	0
LGC1AH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	59	11	612	46	17	11	47	1	878	50	13	18	78	1	1630	49	30	14	35	0	624	16	3
LGC1DM	0	0	0	12	5	0	0	0	0	79	10	1	62	10	3	608	46	21	82	8	0	543	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1FB	0	2	0	24	7	0	0	25	2	432	10	10	386	73	13	945	47	26	743	55	11	1286	4	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2JS	0	2	0	21	5	0	0	3	1	64	6	2	1	2	0	315	46	6	59	28	9	1021	49	12	84	10	0	348	13	3	0	0	0	0	0	0
LGC2KT	0	7	3	65	8	0	0	5	2	125	13	11	25	17	1	516	38	4	108	25	6	1245	9	20	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2AT	0	1	0	15	7	0	1	6	0	39	7	5	29	6	0	385	35	11	25	9	12	598	46	6	45	8	0	584	38	4	0	0	0	0	0	0
LGC2JL	0	0	0	28	8	2	0	9	0	115	13	5	5	49	6	595	44	18	6	14	21	562	26	9	0	0	0	0	0	0	0	5	0	41	2	1
LGC2PM	0	3	11	75	5	3	1	4	12	193	4	15	259	31	29	1542	34	75	28	26	41	905	26	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2BH	0	4	1	63	6	5	1	31	5	1240	-4	95	49	30	35	1234	25	87	54	0	5	69	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2CR	0	9	21	115	7	1	2	22	25	245	2	8	254	251	120	2015	9	31	312	215	59	3512	2	28	0	0	0	0	0	0	0	9	19	29	8	4
LGC2NV	0	0	0	0	0	0	0	5	0	59	3	9	124	19	6	589	37	5	215	60	1	604	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2GN	0	3	3	14	3	2	0	9	4	149	4	7	45	12	4	468	53	12	86	26	2	568	24	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3LE	0	1	0	16	5	1	0	5	1	106	10	14	19	2	1	110	14	8	0	0	0	3	0	0	50	11	1	377	8	1	0	0	0	0	0	0
LGC3FL	0	8	0	46	13	1	0	45	2	573	23	20	965	163	17	2078	114	67	1844	216	19	3731	22	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3ME	0	6	22	69	18	1	0	15	66	165	27	24	132	190	1332	6020	63	683	256	225	96	2980	16	170	0	4	13	20	0	4	0	0	0	0	0	0
LGC3AM	0	1	4	26	5	1	0	4	28	119	9	12	20	21	76	852	46	52	243	58	22	1548	31	30	132	21	11	463	3	4	0	0	0	0	0	0
LGC3AY	0	1	1	5	1	4	0		3	14	11	0	3	4	7	648	71	30	9	6	1	646	18	31	0	1	0	92	3	6	0	0	0	0	0	0
LGC3AT	0	6	37	56	6	1	0	8	56	138	10	13	238	62	60	1034	51	67	606	286	54	3041	64	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3CH	0	1	14	35	14	0	0	13	84	115	40	5	756	163	504	2883	153	347	558	100	103	1735	17	72	22	8	17	30	0	9	0	0	0	0	0	0
LGC3HA	0	10	8	32	10	2	0	10	14	308	20	6	134	39	16	949	93	28	173	36	7	1581	44	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3ST	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	156	9	5	635	18	24	25	3	2	61	5	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3LG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	16	8	652	50	9	5	19	6	892	49	5	0	0	0	289	21	3	0	0	0	0	0	0
LGC3CB	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	102	42	9	548	43	11	8	53	4	816	60	11	17	51	3	1421	20	15	10	27	0	521	20	1
LGC3MK	0	0	0	11	4	0	0	0	0	71	11	1	54	20	5	576	29	29	112	4	2	651	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC3TH	0	1	0	31	5	1	0	11	1	321	4	15	285	82	6	819	38	31	215	64	5	998	7	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0,8	0,7	1	0,5	0,32	0	0,9	0	1	0,27	0,9	0,4	0,7	0,92	1	0,35	0,9	0,63	1	0,8	1	0,02	0,6	0,4	0,9	0	1	0,85	0,89	1	1	-0	1	0,9	0,3

On voit clairement que les valeurs remplies sont dans leur ensemble décalé vers la gauche. Les difficultés commençantes plus tôt et les élèves ayant globalement été moins loin que les sujets d'école ordinaire. Les comportements changent et on peut voir que les aides sont utilisés pour la recherche de solution et semblent parfois insuffisantes. La plupart des élèves malgré un nombre bien plus important n'a pas pu dépasser les exercices de quatre lettres. De nombreuses difficultés sont rencontrées que nous analyserons dans le chapitre de l'interprétation des données.

Les sujets sont plus importants et les nombres de séances également étant donné la lente progression des sujets pour passer les différents niveaux d'exercices. Pour une analyse globale des études menées sur les groupes précédents (ratio, nombre d'exercices effectués, nombre d'aides sollicitées), nous obtenons les valeurs suivantes :

12,65	14,56	10,98	8,17	12,30	7,30	86,90	12,72	10,76	10,54	16,17	15,22	11,39	19,19	12,46	18,94	10,19	10,40	14,29	11,85	66,90	16,05	10,34	14,24	13,38	17,41	12,71	16,81								
147	279	34	104	583	190	2210	481	206	251	55	240	165	1310	105	199	89	110	445	215	1290	430	194	202	78	220	197	670								
144	126	136	132	222	350	104	79	102	57	112	205	109	140	142	103	159	125	190	220	88	78	116	49	137	160	103	129								

Le ratio de sollicitations des systèmes d'aides par exercices reste passablement identique. Le nombre d'aides globales sollicités est beaucoup plus important. C'est que le nombre d'exercices est beaucoup plus conséquent et surtout ils sont sollicités dès les premiers exercices et sont utilisés de manière différente. Surtout, le taux de mauvaise réponse culmine indiquant de plus grande difficultés avec des maximums de 146 pour le niveau 1 ; 683 pour le niveau 2 et 170 pour le niveau 3.

Les données pour les sujets de milieu spécialisé de la version B du logiciel :

Tableau 39 - synthèse des données milieu spécialisé version B

A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	O	P	Q	R	S	T	V	W	X	Y	Z	AA	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
	BG0	CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
IMCMTH	0	0	1	175	6	17	0	1	0	410	15	35	626	9	6	1993	50	172	938	63	26	3148	30	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMSE	0	3	41	170	34	2	0	14	71	536	11	11	676	114	82	1826	42	39	1303	77	139	2444	3	55	2	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGSA	0	1	0	58	5	0	0	5	0	90	10	8	299	57	11	1105	44	134	401	105	52	1314	31	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGNO	0	1	0	47	9	2	0	1	0	255	11	13	4	41	11	2462	41	145	0	1	0	78	0	4	0	1	0	78	4	4	0	0	0	0	0	0
IMCGNR	0	1	0	52	5	3	0	2	0	222	11	19	1	8	0	630	45	29	0	1	0	510	40	3	47	38	19	1668	69	32	8	3	0	583	21	1
IMCMAL	0	4	7	64	10	0	0	4	51	439	20	17	361	67	4	1836	57	22	693	56	11	2060	7	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGAN	0	0	0	38	7	0	0	11	0	278	11	6	37	28	0	758	47	21	48	78	33	1241	49	16	0	2	0	43	1	1	0	2	0	14	1	0
IMCGEM	0	14	1	89	5	4	0	20	25	864	10	22	358	0	113	1414	41	117	182	5	50	1286	11	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMGL	0	1	0	37	5	3	0	10	2	391	11	71	0	63	0	951	42	82	6	89	5	1327	33	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMLI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	7	11	6	555	40	8	13	9	4	872	40	11	11	4	5	500	14	7	0	0	0	0	0	0
IMCMLE	0	1	0	88	8	7	0	1	0	230	15	8	1	28	4	2340	51	129	15	19	2	1246	10	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMME	0	0	7	19	7	0	0	3	12	40	12	0	6	43	144	1074	47	87	18	11	1	150	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMNA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	2	770	40	9	0	5	11	879	40	3	54	27	31	636	20	8	0	0	0	0	0	0
IMCMOV	0	0	5	185	6	18	0	2	0	384	24	30	589	11	2	1854	18	186	804	24	11	2784	36	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMRT	0	4	29	159	28	1	0	11	67	512	7	12	548	114	95	1745	39	52	741	32	47	2114	8	34	7	4	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGBL	0	2	0	68	6	0	0	7	0	114	15	7	324	62	4	895	7	117	254	54	33	1024	26	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGMK	0	2	1	42	7	2	0	1	0	235	4	15	4	41	15	2241	11	119	1	0	0	84	5	2	0	2	0	84	2	1	0	0	0	0	0	0
IMCGRN	0	1	0	58	5	4	0	3	0	247	22	12	2	7	1	708	48	36	2	0	0	451	33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMJT	0	3	7	59	10	0	0	3	47	388	14	22	406	54	0	1985	54	41	324	32	4	1932	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCGBP	0	1	0	41	8	0	0	9	0	302	17	4	42	32	5	842	39	39	65	45	15	1141	46	14	2	2	0	43	1	0	0	2	0	14	1	0
IMCGNM	0	6	1	82	4	3	0	21	31	7652	12	16	329	4	105	1552	13	111	104	1	24	985	18	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMCE	0	0	0	45	7	2	0	8	3	457	4	52	0	57	0	896	9	98	3	48	2	1152	22	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMAF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	9	8	1	624	16	17	5	5	1	907	36	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMSD	0	2	0	97	8	6	0	2	0	260	12	12	3	31	8	2410	7	105	11	11	0	954	19	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMSE	0	1	7	16	8	0	0	4	8	37	9	0	8	24	126	1663	13	71	9	7	0	167	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMCMNV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	3	742	22	14	0	1	4	954	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sans rentrer complétement dans l'interprétation des résultats, on peut observer d'emblée que le cœur de nos valeurs se trouve au centre du tableau. Les exercices de niveau 0 et 1 étant la reconnaissance des sons des voyelles et consonnes qui vont composer les exercices explique qu'il n'y ait pas d'aides bigrammes et peu de mauvaises réponses. Les événements intéressants pour l'analyse apparaissent à partir du niveau 2 et 3 sur les exercices de déchiffrages de bigrammes et de mots de 4 lettres principalement le niveau 4 ayant été malheureusement mais significativement peu atteint à ce jour.

Les résultats à l'observation du Tableau 39 - synthèse des données milieu spécialisé version B - semblent encore beaucoup plus faible. Le nombre de séance étant un peu moins conséquent et le niveau général pouvant être un peu moins élevé. Pour l'analyse des données de ratio, du nombre d'aides et d'exercices effectués nous avons les valeurs suivantes :

12,56	25,30	7,80	12,53	12,04	28,56	14,83	12,95	9,43	15,96	15,07	7,92	19,04	12,83	25,12	8,51	15,99	9,09	24,94	14,10	49,38	11,28	20,48	19,38	17,28	23,89
1670	2523	931	60	117	1258	237	768	176	70	71	245	144	1448	1699	740	67	16	880	218	626	121	29	68	194	14
456	197	329	233	256	154	159	282	287	121	259	162	120	406	181	247	168	161	175	168	208	226	75	192	109	71

Ces valeurs sont à considérer avec le tableau source qui montre que les efforts ont été faits sur les trois premiers niveaux d'exercices, peu d'élèves ayant terminé le stade du logiciel de mot de quatre lettres. Ces données montrent de graves difficultés de réalisation pour ce groupe qui seront à éclaircir dans le chapitre d'interprétation des données.

Un dernier tableau va nous permettre de faire quelques études par ANOVA. Le tableau suivant comporte des cellules conditionnelles (qui se rapporte à des cellules masquées) afin d'établir un coefficient catégorielle calculé à partir du rapport entre les bonnes et les mauvaises réponses et désigné Co (puis indice du niveau d'exercice). Différentes ANOVA vont pouvoir tester une série d'évènement afin de relier ces bonnes réponses ou mauvaises réponses des sujets en fonction des différents variables du protocole. Rappelons qu'en sciences humaines et notamment en psychoogie cognitive, le seuil de signification est de 0,05. L'ensemble des sujets a été reconsidéré en catégories allant de 1 à 4 afin d'effectuer nos ANOVA à 1 facteur.

Tableau 40 - synthèse des données IME avec Coefficent Catégorielle (CO) -

		BG0	CS0	LT0	TA	NV0	BR0	MR0	co0	BG1	CS1	LT1	TA	NV1	BR1	MR1	co1	BG2	CS2	LT2	TA	NV2	BR2	MR2	co2	BG3	CS3	LT3	TA	NV3	BR3	MR3	co3	BG4	CS4	LT4	TA	NV4	BR4	MI
LGC1YD	1	0	3	0	3	18	6	0	1	0	4	0	4	53	10	0	1	4	4	0	8	346	40	3	1	95	31	6	132	973	43	24	0	118	13	0	131	432	11	7
LGC1MY	1	0	7	1	8	59	9	0	1	0	5	0	5	158	14	12	0	10	16	0	26	569	46	9	1	202	36	2	240	1048	21	15	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DJ	1	0	0	0	0	12	6	0	1	0	0	0	0	32	7	4	0	16	4	0	20	341	22	14	0	11	3	0	14	498	40	4	1	71	3	0	74	610	32	7
LGC1TM	1	0	1	0	1	31	11	1	1	0	12	0	12	121	14	9	0	9	54	1	64	514	44	21	1	3	21	3	27	412	22	10	1	0	0	0	0	0	0	0
LGC1VV	1	0	2	17	19	67	5	4	0	0	5	37	42	187	10	19	0	322	27	39	388	1665	60	85	0	59	18	57	134	812	2	37	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DR	1	0	5	1	6	58	16	14	0	0	57	2	59	1331	33	146	0	72	24	26	122	1122	39	98	0	3	0	0	3	44	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1ES	1	0	12	44	56	138	7	2	1	0	30	132	162	330	6	5	0	240	348	250	838	2610	19	26	0	512	450	192	1154	5960	5	34	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1MS	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0	6	55	10	4	1	212	15	3	230	496	40	10	1	232	12	1	245	454	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1MH	1	0	5	4	9	16	5	1	1	0	5	7	12	154	10	3	1	67	19	8	94	437	45	13	1	79	11	1	91	491	13	12	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC1DR	1	0	1	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	220	13	2	235	553	40	15	1	13	2	0	15	46	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
LGC1SJ	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	10	9	4	23	534	40	11	1	13	15	4	32	954	40	9	1	0	1	0	1	323	10	2
LGC1AH	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	111	59	11	181	612	46	17	1	11	47	1	59	878	50	13	1	18	78	1	97	1630	49	3
LGC1DM	1	0	0	0	0	12	5	0	1	0	0	0	0	79	10	1	1	62	10	3	75	608	46	21	1	82	8	0	90	543	18	8	1	0	0	0	0	0	0	0
LGC1FB	1	0	2	0	2	24	7	0	1	0	25	2	27	432	10	10	0	386	73	13	472	945	47	26	0	743	55	11	809	1286	4	36	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2JS	1	0	2	0	2	21	5	0	1	0	3	1	4	64	6	2	1	1	2	0	3	315	46	6	1	59	28	9	96	1021	49	12	1	84	10	0	94	348	13	3
LGC2KT	1	0	7	3	10	65	8	0	1	0	5	2	7	125	13	11	0	25	17	1	43	516	38	4	1	108	25	6	139	1245	9	20	0	0	0	5	5	0	0	0
LGC2AT	1	0	1	0	1	15	7	0	1	1	6	0	7	39	7	5	0	29	6	0	35	385	35	11	1	25	9	12	46	598	46	6	1	45	8	0	53	584	38	4
LGC2JL	1	0	0	0	0	28	8	2	1	0	9	0	9	115	13	5	1	5	49	6	60	595	44	18	1	6	14	21	41	562	26	9	1	0	0	0	0	0	0	0
LGC2PM	1	0	3	11	14	75	5	3	0	1	4	12	17	193	4	15	0	259	31	29	319	1542	34	75	0	28	26	41	95	905	26	28	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2BH	1	0	4	1	5	63	6	5	0	1	31	5	37	1240	-4	95	0	49	30	35	114	1234	25	87	0	54	0	5	59	69	4	2	1	0	2	1	3	0	0	0
LGC2CR	1	0	9	21	30	115	7	1	1	2	22	25	49	245	2	8	0	254	251	120	625	2015	9	31	0	312	215	59	586	3512	2	28	0	0	0	0	0	0	0	0
LGC2NV	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	5	59	3	9	0	124	19	6	149	589	37	5	1	215	60	1	276	604	20	4	1	0	0	0	0	0	0	0
LGC2GN	1	0	3	3	6	14	3	2	0	0	9	4	13	149	4	7	0	45	12	4	61	468	53	12	1	86	26	2	114	568	24	11	1	0	1	0	1	0	0	0
LGC3LE	1	0	1	0	1	16	5	1	1	0	5	1	6	106	10	14	0	19	2	1	22	110	14	8	0	0	0	0	0	3	0	0	1	50	11	1	62	377	8	1

Dans un premier temps, nous allons tester une analyse de variance pour nos catégories entre notre coefficient d'efficacité et le nombre de bonnes réponses dans les exercices « bigramme » (BR2). Nous allons opérer maintenant ce même test entre notre coefficient de réussite et les bonnes réponses de niveau 3 (BR3). Dans le Tableau 107 - ANOVA à 1 facteur BR3/Co3 de l'expérience 2 - présenté en Annexe, les résultats montrent clairement une incidence sur nos catégories entre ces différentes valeurs. La Conclusion du test statistique est que la valeur de P étant inférieure au seuil de signification 0,05, on rejette donc l'hypothèse nulle (il y a une différence significative entre les échantillons). Ainsi, la conclusion de l'expérience pour cette série de mesures, est que le fait d'avoir des bonnes réponses dans les exercices de Niveau 3, reconnaissance de bigramme est un élément significatif pour le facteur réussite du logiciel LECTUS.

Nous allons maintenant effectuer deux autres tests à partir d'ANOVA dans les Tableau 108 - ANOVA à 1 facteur NV2/Co2 de l'expérience 2 -, et le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** afin d'analyser les variations entre les navigations sur deux niveaux NV2 et NV3 avec nos indices de coefficient.

Nos deux tableaux d'ANNOVA avec des résultats indiquant p-value <0,05 puique proche de zero indiquent que ces variables expérimentales influencent nos variables catégorielles.

Notre dernière ANOVA va tester notre coefficient avec les valeurs des aides et en particulier des aides bigrammes (BG2 et BG3). Nous trouvons les relevés dans le tableau suivant présenté en annexe : Tableau 110 - ANOVA à 1 facteur BGx/Cox -.

Nous voyons à la lecture de nos résultats qu'ils sont significatif car p-value valant 0,000 est inférieur à 5%. L'utilisation des aides bigrammes de niveau 2 et niveau 3 sont donc déterminant pour la réussite des exercices.

Enfin, afin de déterminer le poids des bonnes et des mauvaises réponses dans le nombre de navigation, nous allons opérer sur SPSS une Régression Linéaire sur les trois valeurs NAV2 ; BR2 et MR2.

Tableau 41 - Régression Linéaire Nav2/Br2/Mr2 -

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif
	A	Erreur standard	Bêta		
(Constante)	597,377	109,983		5,432	,000
BR2	-,722	2,473	-,017	-,292	,771
MR2	8,305	,595	,825	13,952	,000

a. Variable dépendante : NV2

Les résultats montrent que les valeurs des bonnes réponses de niveau 2 (BR2) avec 0,771 n'ont pas d'influences sur les éléments de navigation. En revanche, les valeurs des mauvaises réponses (MR2) proche de zero ont une forte correlation avec nos éléments de navigations NV2

Les résultats montent globalement une forte corrélation entre les différents facteurs. Nous avons noté l'influence des bonnes réponse des exercices deniveau 3, des éléments de navigation de niveau 2 et 3 et les « aides bigrammes » pour les niveau 2 et 3 sur le coefficient d'efficacité qui résume la réussite de l'ensemble des exercices du logiciel. Ces données confirment les hypothèses d'influence des systèmes d'aides et en particulier celui des « aides bigrammes » et sont directement utilisable au cours de l'utilisation pour déterminer et orienter l'évoultion des utilisateurs.

Interprétation des données

Evaluation des réponses montrant les aides bigrammes, sollicitées par tous les groupes à différents endroits. Ces aides bigrammes sont réellement l'outil qui permet les solutions et sont utilisés à tous les niveaux des exercices. Les sujets d'IME ne semblent pas préparés à distinguer une cohérence ou incohérence. La moyenne des rappels de consigne peut être révélatrice d'une difficulté à conserver les consignes en mémoire

Evaluation des réponses

Le nombre d'« aide lettre » assez peu utilisé pour les élèves de milieu ordinaire, parfois en début de prise en main du logiciel. Deux sujets seulement manifestent une pratique de cette aide une fois les exercices bigrammes effectués, c'est-à-dire dans la recherche de mot. Le détail montre par exemple dans le tableau ci-dessous une trace d'une sollicitation du sujet « **SMSAAP »** pour la recherche du mot poli ou les premières lettres de solution sont systématiquement activées. Après consultation sur cet épisode du sujet, ce dernier dit ne pas se rappeler de cet épisode et ne semble pas pouvoir le justifier. Les enregistrements exhaustifs du logiciel consignant également les sautes de concentration et les errements de l'âme, il est normal que nous retrouvions ce genre d'épisode dans nos données.

Tableau 42 - détail sur l'utilisation de l'« aide lettre » du sujet SMSAAP -

POLI	VEDA	Consulter	Lettre	V
POLI	DEDA	Consulter	Lettre	D
POLI	LEDA	Consulter	Lettre	L
POLI	MEDA	Consulter	Lettre	M
POLI	NEDA	Consulter	Lettre	N
POLI	PEDA	Consulter	Lettre	P
POLI	REDA	Consulter	Lettre	R
POLI	SEDA	Consulter	Lettre	S
POLI	SEDA	Consulter	Lettre	S
POLI	TEDA	Consulter	Lettre	T
POLI	VEDA	Consulter	Lettre	V
POLI	DEDA	Consulter	Lettre	D
POLI	LEDA	Consulter	Lettre	L

Sur le groupe B l'utilisation de cette aide est totalement absente. En revanche elle est fort sollicitée par les groupes IME, notamment en début de session pour se réduire ensuite. LGC1ES et LGC1VV sont deux exemples de sujet qui ont sollicité ces aides jusque dans les recherches de mot. Ces sujets semblent être en grande difficultés et ont su profiter des aides logiciels pour obtenir quelques bonnes réponses.

Pour les aides bigrammes, elles ont été sollicitées par tous les groupes mais pas aux mêmes endroits. Les élèves de milieu ordinaire les ayant plutôt utilisés pour la recherche de mot de 4 et 6 lettres et assez peu pour la recherche de bigrammes. Souvent pour s'assurer du résultat, l'enchainement des aides pour deux ou trois bigrammes permettant d'obtenir la lecture de la solution proposé. Ainsi ces élèves sont capables de trouver la solution par un cheminement logique utilisent leurs propres connaissances, les éléments mémorisés mais ils ne sont pas parfaitement sûrs, en tout cas pour bon nombre d'eux, de leurs réponses.

Pour les sujets d'IME, les aides bigrammes sont réellement l'outil qui permet de trouver les solutions et sont utilisés à tous les niveaux d'exercices. En particulier pour la recherche de bigramme qui permet de tester différentes propositions et d'avancer vers la solution. Pour ces exercices beaucoup d'élèves ayant utilisé les aides continuent de valider des propositions qui sont de mauvaises réponses. C'est-à-dire qu'en revenant sur le détail des données personnelles des sujets lors des exercices, nous observons de nombreux cas d'élèves qui après avoir réécouté la consigne et réécouter l'élément bigramme en proposition continue à faire de grave erreur. C'est-à-dire qu'ils ne sont pas capables de distinguer une cohérence ou incohérence entre deux éléments successifs. Ces questions pourraient paraitre d'ordre orthophonique mais nous faisons l'hypothèse qu'elle constitue plutôt une déficience sur l'organisation de l'information sa valeur symbolique et sémantique, soit un élément de consigne et un élément de proposition. Cette donnée est à creuser d'avantage car elle semble être un aspect particulier et singulier des difficultés pour entrer dans la lecture chez ces enfants et pourraient éclairer les recherches sur des nouveaux systèmes d'aides ou de logiciels d'entrainement.

De nombreux sujets continuant également à utiliser ces systèmes d'aides bigrammes y compris lorsqu'ils ont été validés dans le premier niveau. Ce phénomène montre les difficultés à maintenir en mémoire les éléments acquis même fraichement puisque les sujets rencontrent ce genre de difficulté sur une même session. Le groupe B des IME a moins utilisé les aides bigrammes et présente moins de bonnes réponses que le groupe A. ils semblent s'être moins bien approprié les outils du logiciel.

Sur le nombre de rappel de consigne. Sa moyenne peut être révélatrice d'une difficulté à garder en mémoire la consigne demandée ou pour exercer une comparaison entre le son affiché à l'écran et le son demandé par la consigne. Ici donc deux possibilités, soit une difficulté globale de mémorisation de la consigne soit une difficulté à mémoriser plus précisément un son afin de la comparer par le système à la réponse affiché. Dans les deux cas, nous pouvons faire l'hypothèse de difficultés de mémorisation des consignes. Or, même si nous pouvons observer des différences sensibles au niveau de cette aide, c'est le système où les écarts sont les plus réduits. Les élèves de milieu ordinaire ayant plus souvent utilisés cette aide que les autres (proche de l'utilisation des aides bigrammes) tandis que les élèves de milieu spécialisé l'ont bien moins utilisé. Il semble donc que la grande différence observée dans les résultats ne soit pas d'ordre mnésique en tout cas pas sur la conservation en mémoire des consignes étant donnée les écarts réduits entre les différents groupes. Des analyses plus approfondies dans l'expérience suivante considérant les notes de résolution d'exercice vont pouvoir déterminer le type de difficultés rencontrées et si ce système d'aide a pu remplir son office.

On voit chez certains éléments de MO que les aides ne servent à la recherche des sons mais est une sécurité pour vérifier la réponse avant de valider. Les éléments de milieu ordinaire sont très sensibles à la note d'ensemble alors que les élèves de milieu spécialisé sont sensibles à la note immédiate : avoir un émoticon avec le pouce levé. On voit aussi certaines données qui pourraient sembler être des anomalies comme les données « exercices consonnes » de IMCMGL qui avec énormément de « validation ». Cela peut venir du fait que si l'utilisateur appuie frénétiquement sur valider au début de chaque exercice le nombre de mauvaises réponses peut vite exploser. C'est pourquoi il est important de revenir sur les données une fois la synthèse effectuée et les analyses statistiques exécutés.

Pour le sujet IMCMSE nous voyons qu'un grand nombre d'aide bigramme a été utilisé. En zoomant on voit que même pour la recherche de bigramme les aides sont très sollicités et qu'elles le sont aussi pour les mots.

Analyse statistique

Le temps de réponse est souvent une référence dans les concepts d'automatisation des apprentissages. On sait qu'une opération automatisée, transformée en traitement autonome et inconscient, voit son temps de traitement considérablement chuter. L'automatisation est admise comme précepte de lecture « experte » dans l'apprentissage de la lecture, mais peut-on mesurer les fluctuations de chronométrie au cours de cet apprentissage et, le cas échéant, sur quelle échelle de temps et de valeur ? Une première analyse statistique peut être de comparer la durée entre chaque clic, qui est souvent un indicateur de difficulté. On voit qu'en fonction du nombre de lettres, elles ne sont pas identiques et ont tendance à rallonger. En effet, la synthèse mentale qui est à opérer ici demande parfois de répéter dans sa tête le début du son pour retrouver logiquement phonologiquement le second ou troisième bigramme qui est à inscrire. Mais, alors, pourquoi s'allonge-t-elle beaucoup plus chez les sujets d'IME ?

La réduction du temps au cours d'un même exercice répété est donc signe d'apprentissage qui pourra aller jusqu'à l'automatisation complète. Un même phonème ou éléments de mots ou bigramme qui revient dans un exercice devrait voir sa quantité de traitement, en nombre de clic ou de chronométrie, et diminuer à l'exception du cas évident où le traitement serait déjà parfaitement automatisé. Autrement dit, elle peut ou doit être la trace d'une opération neuronale. C'est pourquoi les temps de réponse font partie des données pertinentes de notre étude et sont enregistrés de manière précise, car nous cherchons à déterminer les différents stades d'automatisation de la syllabation qui vont s'opérer au fil de

l'utilisation de la plateforme. Les corrélations entre les temps de réponse et la complexité des bigrammes à déchiffrer vont indiquer les différents stades de progression de cette automatisation.

Au-delà des temps de réponse, nous effectuerons ces mesures avec le nombre de navigation qui est beaucoup plus fiable et stable. En effet les temps de réponse, nous le redisons, peut être biaisé par les problèmes psychomoteur rencontrés fréquemment chez les sujets d'IME, par une souris qui répond moins bien, par des éléments perturbateurs dans l'environnement du sujet. Si nous tentons une première analyse de corrélation entre le nombre de navigation et les différents éléments mesurés, nous obtenons pour les 4 groupes :

Tableau 43 - Analyse du coefficient de corrélation navigation/manipulations-.

cor/nav	BG0	CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
MOversA	0	0,7	-0	1	0,8	0,7	0	0,6	-0	1	0,7	0,8	0,1	0,2	0	1	0,7	0,8	0,6	0,6	-0	1	-0	0,7	-0	0,6	0,2	1	0,9	0,8	0,7	0,4	0,1	1	0,9	0,4
MOversB	0	0,7	0,3	1	1	0,4	0	0,3	0,5	1	0,9	0,6	-0	0	-0	1	0,1	0,3	0,6	0,6	0,1	1	0,3	0,5	-0	0,4	0,1	1	0,9	0,6	0	0	0	0	0	0
IMEversA	0	0,8	0,8	1	0,7	0,5	0,4	0,9	0,2	1	1	1	0,6	0,8	0,9	1	0,4	0,7	0,4	0,9	0,8	1	0,3	0,7	0,4	1	0,3	1	0,9	0,9	1	1	-0	1	0,9	0,5
IMEversB	0	0,3	0,5	1	0,9	0,7	0	0,6	0,3	1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	1	0,6	0,6	0,8	0,4	0,4	1	0,7	0,6	0,9	0,8	0,9	1	1	0	1	0	1	1	-0	-0,1

On voit que les valeurs significatives se trouvent plutôt dans les colonnes indiquant les rappels de consigne et les bonnes réponses pour les enfants de milieu ordinaire. Pour les enfants de milieu spécialisé, elles sont plutôt pour les aides bigrammes. Les valeurs de navigation (1 pour une corrélation totale) ne sont pas à prendre en considération mais permettent de contrôler le bon fonctionnement de la statistique. Les valeurs de navigations sont assez ciblées avec des valeurs de 0.7, 0.8 et 0.9 qui restent assez fréquentes. Toutefois, les larges tendances sont difficiles à dessiner car les valeurs bougent beaucoup d'un niveau à un autre et selon les groupes. Nous obtenons néanmoins les moyennes générales suivantes :

Tableau 44 - tableau des moyennes de corrélation avec le nombre de navigation -

cor/nav	BGm	CSm	LTm	NVm	BRm	MRm
MOversA	0,211	0,51	0,035	1	0,621	0,714
MOversB	0,044	0,33	0,134	1	0,521	0,4
IMEversA	0,463	0,882	0,492	1	0,7	0,715
IMEversB	0,502	0,402	0,543	1	0,541	0,331

Sur ces derniers chiffres, les éléments sont assez distribués en dehors des rappels de consigne pour le groupe IME de la version A du logiciel. On peut lire toutefois que les « aides bigrammes » sont clairement beaucoup plus sollicités chez les sujets d'IME (0.463 et 0.502), les « aides consignes » également avec 0.882 et 0.402 alors qu'elles sont relativement faibles chez les sujets de milieu ordinaire. Chez les sujets ordinaires les valeurs de bonnes réponses sont toujours supérieures à celles des systèmes d'aides contrairement aux sujets d'IME. Reste à savoir si l'utilisation des aides ont un lien avec les bonnes réponses des sujets. Si nous continuons l'analyse de corrélation entre le nombre de « bonne réponse » et les différents éléments mesurés, nous obtenons pour les 4 groupes :

Tableau 45 - Coefficient de corrélation : bonnse réponses/manipulations

CS0	LT0	NV0	BR0	MR0	BG1	CS1	LT1	NV1	BR1	MR1	BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3	BG4	CS4	LT4	NV4	BR4	MR4	BG5	CS5	LT5	NV5	BR5	MR5
0,4	-0	0,8	1	0,3	0	0,8	0,1	1	1	0,5	0,1	0,1	0,1	1	1	0,6	-0	0,4	0,2	0	1	-0	0,2	0,5	0,2	1	1	0,7	0,8	0,2	0,1	0,9	1	0,5
0,8	0,2	1	1	0,5	0	0,5	0,2	1	1	0,5	0,2	0,2	0,1	0	1	0,4	0,3	0,5	-0	1	1	0,4	0	0,3	0	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
0,5	0,3	0,7	1	0,3	-0	-0	-0	-0	1	-0	-0	-0	-0	-0	1	0,2	-0	-0	-0	-0	1	-0	0,5	0,8	0	1	1	0,8	0,9	1	0,2	0,9	1	0,7
0,2	0,9	0,6	1	0	0	0,2	0,1	0	1	0,2	0,1	0,2	0,1	0	1	-0	-0	0,3	-0	0	1	0,1	0,9	0,9	0,9	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Les valeurs sont présentées dans le même ordre que le tableau précédent. Dans le détail, on observe que les valeurs sont moins significatives avec peu de valeurs 0.9. On voit toutefois que les valeurs d' « aide consigne » augmentent en relation avec le niveau de difficulté. On voit notamment que pour le niveau 4, nous avons des valeurs de 0.9 et 0.8 pour les différentes aides chez les sujets d'IME. Ces valeurs indiquent que ces aides sont utilisées à bon escient. En revanche, pour les sujets de milieu ordinaire, nous avons des données en perte de valeurs au fil des exercices indépendamment de la difficulté. Les aides sont utilisées correctement mais sont rapidement intégré et deviennent moins sollicitées. Si nous cherchons à obtenir les lignes générales, nous obtenons pour ces données les moyennes suivantes :

Tableau 46 -- tableau des moyennes de corrélation nombre de bonne réponse -

cor/BR	BGm	CSm	LTm	NVm	BRm	MRm
MOversA	0,188	0,41	0,105	0,739	1	0,394
MOversB	0,086	0,383	0,062	0,61	1	0,33
IMEversA	0,123	0,295	-0,02	0,34	1	0,262
IMEversB	0,159	0,281	0,307	0,359	1	0,023

On voit que sur l'ensemble des données des moyennes de corrélation, il y a peu d'éléments significatifs qui se dégagent des résultats. Nous relevons uniquement une valeur significative de corrélation sur la moyenne du nombre de navigation chez les sujets de milieu ordinaire de la version A avec 0.739.

Discussion

Exploitation de résultats

Discussion et Exploitation de résultats a partir de la synthèse des données. On note la quasi-suppression de la charge mnésique nécessaire. Au-delà du mécanisme, un déficit sur l'organisation des informations émerge clairement. La progression des enfants d'IME reste lente, trébuchante voire laborieuse

Synthèse des données

Significativement, nous pouvons tout d'abord observer le décalage immense de capacités d'apprentissages entre les sujets de milieu ordinaire et les sujets d'IME puisque le temps du protocole c'est-à-dire presque deux ans pour les premiers tests mis en place dans les écoles n'ont pas permis pour de nombreux élèves à atteindre le niveau « 6-lettres » des exercices tandis que cette période d'apprentissage dure au maximum deux à trois mois chez les élèves en milieu ordinaire. Toutefois, pour de nombreux cas, nous avons observé un certain déblocage du déchiffrage, certains ayant même compris le système en autodidacte et se montrant très rapide pour l'exécution ainsi que pour le passage des différents niveaux d'exercices qui ne semblaient pas correspondre à des étapes différentes mais simplement une petite difficulté rajoutée. Sur l'évaluation globale on peut affirmer qu'en milieu spécialisé chaque niveau d'exercice semble constituer un obstacle insurmontable. Il n'y a pas de logique continue et une compétence croissante mais tout semble être à réorganiser pour chaque niveau franchi.

Ainsi, à la lecture des différents tableaux développés dans la partie précédente nous pouvons donc déjà percevoir que malgré la diminution jusqu'à la quasi-suppression de la charge mnésique nécessaire puisqu'aucune nouvelle information n'est à retenir en dehors du

fonctionnement, un déficit sur l'organisation des informations émerge clairement. Ce déficit empêche la progression et l'automatisation au cours des exercices. La partie expérimentale suivante permettra de dire dans quelle mesure cette problématique intervient.

Evaluation des progrès

Le déchiffrage et la restitution nécessaire à la réalisation de la tâche vont déterminer les variations susceptibles d'être induites à l'intérieur de ce processus et établir des universaux sur des bases physiologiques, psychologiques et culturelles. Pendant l'entrainement nous avons pu constater que l'ensemble des participants a généralement opéré une progression mais que cette dernière n'est pas identique selon les groupes. Non seulement en termes de résultats mais également en termes de représentation des connaissances. Certaines données nous permettent de l'étudier.

Les progrès attendus en milieu ordinaire ont effectivement été fulgurant tandis que la progression des enfants d'IME est lente, trébuchante voire laborieuse au sens étymologique du terme, c'est-à-dire nécessitant beaucoup de travail. Pour ces derniers rien ne laissait prévoir une entrée possible dans ces apprentissages puisqu'étant souvent en échec depuis de nombreuses années. Certains ont même passé un palier de compréhension sur des prérequis qui ne sont pas travaillés explicitement lors de l'entrainement comme comprendre la notion de syllabique et d'assemblage.

Sur le Figure 41 - fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes Version A -

-, on peut lire nettement que les bigrammes les plus fréquents, sur les dix premières positions offrent un recueil assez stable d'éléments récurrents qui peut se résumer à une quinzaine de bigrammes sur l'ensemble des positions. Nous pouvons donc dire que si l'ensemble des 45 bigrammes étudiés sont suffisant pour lire l'ensemble des mots courants de la langue française respectant la structure « CV » soit environ 200 mots pour les plus courants, une vingtaine de bigrammes suffirait à en lire la moitié. Aussi, les mots dont les fréquences sont très élevées puisque revenant très souvent devraient selon la logique du principe de fonctionnement bayésien du cerveau, constituer les mots rapidement automatisés. Ainsi, les tests de chronométrie exécutés dans la partie expérimentale suivante devraient clairement montrer des valeurs significativement moindres pour l'ensemble de ces mots.

Perspective d'avenir

Perspective d'avenir et caractéristiques d'un logiciel modèle. Un test plus approfondi évalue les proportions et la manière dont les élèves sollicitent ces opportunités. Modélisation-évaluation des apprentissages.

Caractéristiques d'un logiciel modèle

Un des objectifs de cette étude était de savoir si le sujet adhère aux informations qui lui parviennent lors de son apprentissage, ici les différentes aides en premier lieu ou aux éléments qui lui sont plus utiles. Peut-il cumuler les aides comme repères pour stocker une information globale c'est-à-dire la forme linguistique du mot ou au contraire a-t-il besoin de l'associer à un élément unique et précis en l'occurrence ici l'orthographe, la prononciation, le déchiffrage, la silhouette du mot, son référent, etc.. ?

Il est fréquent que dans les réponses élaborées par élève, les formulations verbales correspondent au traitement de l'information perceptive et inversement que la réponse sous forme figurative concrétise un raisonnement non-propositionnel voir non-symbolique. Cet aspect constitue un facteur non négligeable dans les apprentissages où l'on s'attend à ce que

les facilités d'observation et de manipulation assurées par le logiciel puissent aboutir à des formulations plus conceptualisées. Nous pouvons remarquer que l'accès au référent y compris dans le cadre d'un déchiffrage automatisé, mécanisé, n'est pas évident, de nombreux sujet demandant oralement ce qu'est RAME ou DUNE surtout pour les sujets d'IME. Les éléments décontextualisé, il ne s'agit plus d'une rame ou de la dune, mais de RAME et DUNE, semblent perturber la mémorisation et surtout ne pas opéré un lien directe et naturelle entre la sonorité obtenu des déchiffrages et le référent supposé. Nos sujets déchiffrent ainsi comme des musiciens, sans chercher à y mettre du sens. Sur ce principe l'approche de la pratique instrumentale et de son interprétation peut constituer un travail utile et pertinent pour créer ce lien indispensable à l'entrée dans la lecture selon la conception de Bettelheim.

Les liens qui permettent à l'élève de réentendre la consigne, d'utiliser les systèmes d'aide semblait reprendre les avantages des différents systèmes d'aides présentés par le multimédia. Un test plus approfondi évalue les proportions et la manière dont les élèves sollicitent ces opportunités, ce qu'ils en comprennent, comment ils se les approprient ainsi que l'impact de ces différents éléments sur le bon fonctionnement des apprentissages.

Les données semblent montrer que le logiciel a su répondre aux différents besoins des utilisateurs sans venir parasiter leur exercice. Certains éléments semblent pouvoir être proposé en fonction des différents niveaux et des habitudes de l'utilisateur. Globalement, les fonctions restent toutes utiles mais certains enregistrements pourraient être réduits tandis que d'autres pourraient être précisé. L'enregistrement du rappel de consigne par exemple n'est pas essentiel pour le relevé de données. En revanche, celui des aides bigrammes se montrent décisif et pourraient subir des perfectionnements en indiquant chaque fois la distance entre l'aide bigramme consultée et la solution du bigramme à cet emplacement. Ces « sous-données » pourraient rapidement cibler les défauts des utilisateurs et être utile à une analyse ou pour la progression au sein des exercices.

Modélisation-évaluation des apprentissages

« L'automatisation est le révélateur d'une mise en place de reflexe et de l'organisation du système neuronal » (Huteau & Lautrey, p.47). Les bigrammes constituant les mots (reconnus/mémorisés) des exercices seront normalement plus facilement reconnus dans d'autres mots, phénomène que notre prochaine expérience va tenter d'évaluer. Un autre mode d'assimilation, par l'organisation du réseau neuronal associée sera que les paires maitrisées dans un mot facilitent la lecture des mots comportant ces mêmes paires.

L'automatisation complète du lecteur expert étant d'un autre ordre puisque c'est la multitude des rencontres ainsi que la pratique de lecture qui, selon le modèle des neurosciences et en particulier selon les recherche de Stanislas Dehaene, créerait un réseau de neurones bigrammes spécialisés qui s'ordonnent au fur et mesure et permet une lecture rapide parfaitement automatisé qui résiste aux imperfections. Ce travail d'assimilation est un apprentissage autonome, sans intervention pédagogique, qui se met en place par la pratique.

Certaines hypothèses n'ont pu être validées statistiquement en raison d'une forte hétérogénéité au sein des groupes mais semblaient facilement évaluables par l'observation des utilisateurs lors des séances. Nous pourrons continuer nos observations statistiques en affinant nos groupes et en prenant plus en considérations les catégories pathologiques pour les groupes d'IME.

Partie 3 - Expérience 3

Expérience 3 présentant un test de restitution sur les mots entrainés et non entrainés au cours des exercices. Ainsi que la Construction des éléments d'évaluation et l'Objectifs des évaluations pour les différents mots de quatre lettres grâce à la liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 4 et 6 lettres. La Construction du Corpus d'évaluation à partir du Choix du corpus de mots. Orientation du logiciel : Le logiciel doit permettre de comparer les paires qui ont déjà fait l'objet de reconnaissance dans des exercices précédents et de voir le nombre de ces paires dans les exercices à venir.

Matériel et méthode

Construction des éléments d'évaluation

Objectifs des évaluations pour les mots de quatre lettres

Pour rappel, notre recherche s'appuie sur les bases solides des études précédentes ainsi que sur une approche constructiviste et multisensorielle de la cognition afin de pouvoir aborder la dynamique des processus cognitifs (apprentissage, mémoire et perception) en lien avec les contraintes environnementales (intégration, coordination, flexibilité, instabilité, périodicité et adaptation). Un premier objectif visait à repérer certaines possibilités pour réduire ces déficits de traitement chez des sujets déficients et éventuellement les enfants SLI, c'est-à-dire ayant un trouble primaire du langage, quel que soit leur niveau dans les stades d'apprentissage. Les exercices d'entraînement peuvent être accommodés pour une présentation plus ludique, mais nous avons pris le parti d'un logiciel aux aspects plus sobre et dépouillée afin de satisfaire aux rigueurs d'un protocole expérimental.

Cette phase de test de reconnaissance de mots va se situer davantage en correspondance avec les résultats des individus aux entrainements LECTUS. Nous allons donc faire l'analyse des différents mots vus et des mots entendus. Une autre considération va mettre l'accent sur les voisins orthographique, phonétique, etc. Ainsi, pour les calculs des nombres de mots vus et entendus, nous allons élaborer l'étude suivante, présentée par une série de tableaux comparatifs des versions A et B. Elle regroupe les différents éléments croisés lors de l'entraînement afin de mieux les classifier et d'éclairer les résultats des tests et d'évaluation. Elles permettront également de déterminer les éléments pertinents qui permettront de mesurer le degré d'automatisation opéré par la pratique du logiciel LECTUS. Les tableaux présentent dans l'ordre croissant de difficultés les deux versions A et B du logiciel :

Figure 61 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 4 lettres -

versionA		lettr
RI	RE	271
LI	RE	268
RA	RE	267
RA	ME	257
LA	ME	254
RI	DE	254
RI	VE	250
PI	LE	248
DA	TE	245
VI	TE	245
D E	MI	244
LA	VE	243
MI	NE	243
SI	TE	242

versionA		pos
SA	LE	114
RA	ME	112
LA	ME	109
RA	RE	109
SA	PE	105
DA	ME	103
PA	PI	103
VO	LE	103
TA	PE	102
DA	TE	101
LA	VE	101
PI	LE	100
PO	LI	100
RO	ME	100

Pour les bigrammes compris dans les mots de 4 lettres, le tableau suivant expose les plus fréquents pour la version A. Ils sont présentés en deux colonnes. Une première prend en considération les éléments, quelle que soit leur position dans le mot, et une seconde prend en compte la position des bigrammes. Nous pouvons constater que nous avons deux systèmes selon ce type de considération, pour lesquels on peut trouver une synthèse approximative sans trancher pour l'un ou pour l'autre. La même statistique pour la version B du logiciel :

versionB		lettr
RA	RE	313
RI	RE	310
TI	RE	297
LI	RE	296
MA	RE	291
RA	ME	291
RI	ME	288
DI	RE	280
LA	ME	277
PI	RE	275
RI	VE	274
DA	TE	270
TA	PE	265
LA	VE	263

versionB		pos
MA	RE	126
RA	RE	124
CA	LE	121
SA	LE	121
RA	ME	119
LA	ME	118
TA	PE	115
LA	VE	114
MA	RI	113
TI	RE	113
RI	RE	112
CA	VE	111
DA	ME	111
DA	TE	111

On observe les mêmes remarques et les mêmes principes applicables d'une synthèse des deux colonnes, qui peut être optimisée. Pour des questions de lisibilité, nous n'avons pas présenté les listes complètes de tous les éléments mais uniquement les extrémités. Voici les dix derniers éléments de la Version A du logiciel :

NA	NA	204
PA	PI	204
PA	PA	200
PO	LI	196
LU	NE	194
VE	LU	191
VO	MI	188
LO	TO	182
DU	NE	180
VE	NU	176
MO	TO	175
SO	DA	174

LO	VE	89
PA	PA	88
NA	NA	82
MO	TO	76
MU	RE	76
SO	DA	76
D E	MI	73
LO	TO	73
LU	NE	72
DU	NE	66
VE	LU	58
VE	NU	50

Les dix derniers éléments de la version B :

CO	TE	231
DU	RE	224
MI	DI	224
CO	DE	214
CU	RE	214
PA	PA	212
PA	PI	209
PO	LI	201
LO	TO	197
MO	TO	189
DI	CO	180
CU	VE	178

VI	DE	95
CO	DE	94
MI	DI	90
MU	RE	90
PA	PA	90
CU	RE	84
DU	RE	80
MO	TO	78
CU	VE	75
LO	TO	75
DE	MI	69
DI	CO	62

Objectifs des évaluations pour les mots de six lettres

Pour les mots de six lettres, nous avons conservé le même mode opératoire et la même chronicité des présentations. Le

Tableau 90 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 6 lettres - présente les dix premiers mots comprenant les bigrammes les plus sollicités pour la version A du logiciel. Puis, La même étude pour la version B, les dix derniers éléments des mots de six lettres pour la version A du logiciel. Enfin, les dix derniers éléments des mots de six lettres pour la version B du logiciel. Toutes ces données sont présentées en Annexe.

Objectifs des évaluations pour les mots de huit lettres

Pour terminer cette étude, nous présentons les tableaux de données concernant les mots de huit lettres, les autres exercices ayant été peu abordés et ne comprenant pas assez de mots pour établir un tri statistique significatif. Le Tableau 91 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de8 lettres - présenté en Annexe est le tableau des bigrammes les plus fréquents, distribués dans les mots de huit lettres de la version A du logiciel. On y trouve également le classement hiérarchique de la version B du logiciel.

Construction du Corpus d'évaluation

Choix du corpus de mots

Les premiers tests, au vu des avancés dans les exercices, porteront sur les bigrammes afin de confronter les deux groupes sur les bigrammes qui font partie de leur corpus et ceux qui y sont étrangers. Le tableau suivant expose les listes d'exercices avec, en rose, les exercices spécifiques de la version A et, en bleu, les exercices spécifiques de la version B. En gris, un bigramme plus présent dans la version A que dans la version B.

Ce qui nous donne pour les bigrammes spécifiques avec la version A : DO, NE , NA PU, RU, SU et, pour la version B : CA, CE, DU, VA, TA, SI, SE. Rappelons le bigramme LI, commun aux deux versions, mais plus nombreux dans la Version A.

	C A	M O	M O	R O	R O
	C E	M U	M U	R U	S E
D E	D E	N E		S A	S A
D A	D A	N A		S O	S I
D I	D I	N O	N O	S U	S O
D O	D U	N I	N I	T E	T E
L I	L I	N U	N U	T I	T I
L E	L E	P E	P E	T O	T A
L A	L A	P I	P I	T U	T O
L O	L O	P A	P A		T U
L U	L U	P O	P O	V I	V I
L I		P U		V E	V E
M I	M I	R E	R E	V O	V A
M A	M A	R A	R A		V O
M E	M E	R I	R I		

Ainsi, avec ces éléments nous pouvons vérifier la construction des représentations mentales des unités sonores du langage. Les mesures en psychométrie peuvent révéler une incidence dans les temps de traitements.

En ce qui concerne le choix des mots présents dans les deux versions, afin d'éviter des artefacts, il nous faut choisir des termes qui sont approximativement de même fréquence.

Nous avons souligné que la fréquence peut avoir un impact sur la mémorisation et donc le niveau des réponses. Nous allons donc approfondir cette étude, car, selon les bigrammes en cause et les types de mots présentés, les classements sont différents. Ainsi, afin de déterminer les éléments destinés à être choisis, nous avons procédé à une étude de la distance de fréquence. Cette étude est proposée en annexe - nous n'exposons ici que le résultat de la réflexion qui nous fait choisir quelques éléments par catégorie. Lesdites catégories sont toujours semblables, à savoir les éléments les plus fréquents et les moins fréquents.

Orientation du logiciel

Le logiciel doit permettre de comparer les paires qui ont déjà fait l'objet de reconnaissance dans des exercices précédents et de voir le nombre de ces paires que le mot comporte. Nous rappelons que nous avons deux corpus : celui des paires lues ou entendues, lors de la réalisation d'exercices, et le corpus de paires mesurées comme reconnues car composé de l'exercice lui-même (la paire à reconnaître). Ainsi chaque mot peut posséder un poids correspondant aux paires lues, entendues et reconnues. Il reste alors à effectuer une classification hiérarchique des mots les plus reconnus et de la mettre en corrélation avec la classification hiérarchique des mots possédant le plus de poids. Un temps moyen nécessaire pour l'apprentissage d'un bigramme ou d'une série de bigramme (mot ou pseudo-mot) devient donc calculable selon la longueur de cette série.

Par ce procédé, nous estimons pouvoir mesurer l'impact de ces stratégies de dispositif et de présentation sur la mémorisation et partant l'apprentissage. Ainsi, deux modèles « concurrents » vont tenter de cibler les processus qui sont en cours et de définir si le type de mémorisation ainsi que les stratégies peuvent être influencés ou se différencier selon des variables de mémorisation qui ont été mesurées.

Cette partie de la recherche regroupe deux expériences qui fonctionnent ensemble. Une partie de test de reconnaissance avec un dispositif permet de relater en chronométrie les temps de lecture pour la reconnaissance des différents mots du logiciel. Une seconde partie, sous forme de passation, propose un test d'écriture afin d'analyser les capacités de restitution après l'entraînement de chacun des groupes. Même si l'ensemble de notre travail de recherche cible essentiellement le déchiffrage, il est intéressant d'évaluer le niveau de restitution afin de mesurer la mise en relation avec le déchiffrage phonétique et la représentation orthographique.

Ainsi, le premier test en chronométrie consiste dans la réalisation d'un dispositif sous la forme d'un programme informatique présentant les mêmes propriétés que le précédent en termes de programmation, de récupération des données, etc. Les prochaines figures présentent donc le principe du dispositif. Une diapositive présentant quatre rectangles bleus est accompagnée d'une consigne indiquant le mot à trouver.

Description de l’expérience

Description de l’expérience et établissement d’un dispositif. Lorsque l’utilisateur pointe la souris sur un rectangle, le mot qu’il contient apparaît, un chronomètre mesure le temps de lecture. Les données concernent la date, l’heure, la solution de l’exercice, la lecture en cours, le type d’opération et le temps chronométré des actions. La liste des mots est constituée sur Excel, le programme informatique venant s’y référencer pour construire les diapositives d’exercices. Une étude de la Catégorisation des différents tests à partir des hypothèses convoquées. Nous pourrons aussi étudier la pertinence de proximité de certains mots. Existe-t-il une corrélation entre les performances sur les mots appris et les mots non connus soit une reconnaissance des bigrammes présents dans notre méthode qui serait facilité ?

Établissement d’un dispositif

Description du dispositif

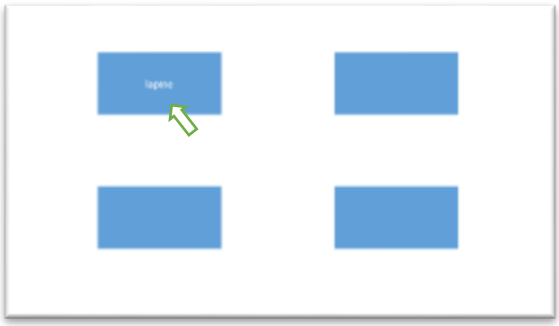
Les prochaines figures vont s’attacher à présenter le dispositif que les sujets vont devoir utiliser afin de passer les tests d’évaluation. Ce dispositif se constitue sur le mode de la passation, c’est-à-dire que les sujets sont surveillés pendant qu’ils opèrent sur le logiciel, contrairement au logiciel LECTUS, qui étaient rependues sur plusieurs écoles. Ce mode permet d’intervenir en cas d’erreur et de visualiser les utilisateurs afin de mieux comprendre certaines données qui pourraient être dues à un mode opératoire spécifique. Les données étant recueillies en chronométrie peuvent subir rapidement des altérations si le protocole d’exécution n’est pas respecté.

Figure 62 - diapositive de présentation du test 3



Lorsque l’utilisateur pointe la souris sur un rectangle, le mot qu’il contient apparaît, et un chronomètre se déclenche pour mesurer le temps de lecture. Le sujet peut cliquer autant de fois qu’il veut sur les différents rectangles avant d’opérer un choix. À chaque fois, une nouvelle ligne de données est créé afin de mesurer le temps de lecture sur le mot en cours. Une fois que l’utilisateur pense avoir trouvé le bon mot, il peut le valider en cliquant dessus.

Figure 63 - exemple d'un clic d'utilisateur sur le logiciel de test 3 -



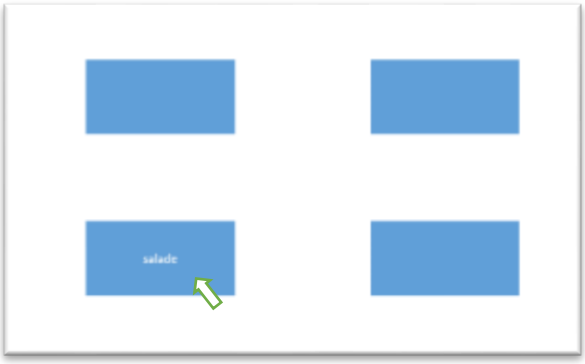
Le logiciel n'indique pas s'il s'agit d'une bonne ou d'une mauvaise réponse et ne propose pas non plus de recommencer ni d'organiser les exercices. Il enregistre simplement les réponses et les performances au fil de la progression de l'utilisateur. Chaque sujet va donc dérouler une même série de questions valable pour les groupes de version A et version B.

Figure 64 - présentation de la page de transition d'exercices du logiciel test 3-



Après chaque validation, le logiciel propose une page de transition qui nécessite un clic pour passer à l'exercice suivant, ce qui permet à l'utilisateur de gérer sa concentration. Après chaque clic, un nouvel exercice est proposé, la position de la bonne solution à l'intérieur des différents rectangle étant choisie au hasard par l'ordinateur afin de lisser les biais d'évaluation dus aux multiples tactiques d'utilisation des différents sujets.

Figure 65 - présentation d'une nouvelle page d'exercice du logiciel test 3 -



Les données concernant la date, l'heure, la solution de l'exercice, la lecture en cours, le type d'opération et le temps chronométré des actions sont ensuite restituées comme présenté ci-dessous pour deux sujets sur deux colonnes :

Tableau des données recueillies

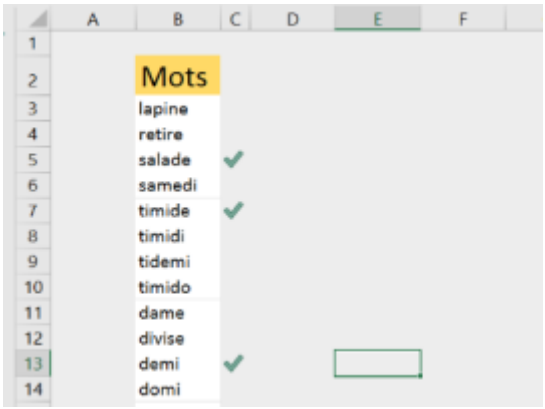
Le Tableau 47 - exemple de recueil de données sur test de la partie expérimentale 3.- présenté en partie ici et « in extenso » dans l'annexe montre l'ordre et la nature des données récupérés par le logiciel.

Tableau 47 - exemple de recueil de données sur test de la partie expérimentale 3.

02/04/2018 18:03:04;salade;salade;Visualisation;2
02/04/2018 18:03:05;salade;salade;Visualisation;73
02/04/2018 18:03:06;salade;lapine;Visualisation;54
02/04/2018 18:03:07;salade;salade;Visualisation;47
02/04/2018 18:03:07;salade;salade;Clic;1
02/04/2018 18:03:13;timide;tirolire;Visualisation;56
02/04/2018 18:03:13;timide;tire;Visualisation;46
02/04/2018 18:03:14;timide;tirolire;Visualisation;48
02/04/2018 18:03:14;timide;tirolire;Clic;0
02/04/2018 18:03:22;demi;demi;Visualisation;40
02/04/2018 18:03:22;demi;dame;Visualisation;14
02/04/2018 18:03:23;demi;demi;Visualisation;4
02/04/2018 18:03:23;demi;dame;Visualisation;4
02/04/2018 18:03:23;demi;divise;Visualisation;1
02/04/2018 18:03:23;demi;demi;Visualisation;5
02/04/2018 18:03:24;demi;dame;Visualisation;1
02/04/2018 18:03:24;demi;demi;Visualisation;3
02/04/2018 18:03:24;demi;dame;Visualisation;2
02/04/2018 18:03:26;demi;demi;Visualisation;28
02/04/2018 18:03:26;demi;demi;Clic;1
02/04/2018 23:46:49;salade;retire;Visualisation;116
02/04/2018 23:46:50;salade;salade;Visualisation;97
02/04/2018 23:46:52;salade;samedi;Visualisation;95
02/04/2018 23:46:54;salade;lapine;Visualisation;170
02/04/2018 23:46:56;salade;retire;Visualisation;161
02/04/2018 23:46:56;salade;retire;Clic;0
02/04/2018 23:47:03;timide;timide;Visualisation;77
02/04/2018 23:47:04;timide;tire;Visualisation;73
02/04/2018 23:47:05;timide;tirolire;Visualisation;83
02/04/2018 23:47:06;timide;tirelir;Visualisation;90
02/04/2018 23:47:08;timide;tirolire;Visualisation;138
02/04/2018 23:47:08;timide;tirolire;Clic;0

La liste des mots est constituée sur Excel, le programme informatique venant s'y référencer pour construire les diapositives d'exercices. Elle peut ainsi être modifiée pour proposer différents tests. Chaque diapositive comporte quatre propositions, qui sont rangées dans la colonne Excel, prédécoupées par groupe de quatre. Une colonne supplémentaire permet d'indiquer au programme quelle est la bonne solution en inscrivant un chiffre « 1 » en face de ladite solution. Après validation de la cellule, Excel transforme cette valeur par une case à cocher, indiquant qu'il a bien pris en compte la nouvelle information. La figure suivante présente la table Excel en question :

Figure 66 - tableau Excel préfigurant la liste des exercices de l'expérience 3.



Tentative entre test et hypothèse

Catégorisation des différents tests

Les participants sont les mêmes que les expériences précédentes. Ils seront présentés dans le même ordre et selon les même groupe et catégories. L'ensemble de l'expérience propose des tests avec les mots les plus fréquents du logiciel de la Version A, puis les mots les plus fréquents de Version B ; puis les moins fréquents de l'ensemble. Soit un premier groupe de mots prenant en compte le classement par occurrence totale des bigrammes (sans position) de la version A : ra re:33, ra de:33, ra te:31, li re:31, li ra:30, de mi:29, ra le:29, mi re:29, ti re:29, ra mi:28, ra me:25. Ce premier test propose une série de mots qui met en valeur une évaluation des apprentissages sur la base des entraînements avec le logiciel LECTUS.

Les bigrammes suivants :
Test ordre des lettres pour RAME
RAME MARE MERA REMA
2. Test bigrammes fréquents avec mot hors liste pour RIRE
GAGE KEPI JUDO RIRE
Test mots fréquents avec voyelles identiques par deux pour LIRE et PILE
3. VIDE MINE LIRE MIRE
6. Test mots fréquents avec voyelles identiques pour MOTO
LOTO MOTO POTO SOLO
4. Test mot commençant par le même bigramme pour RIME :
RIVE RIDE RIME RIRE
Test même mot pour vitesse pure et reconnaissance mentale
5. LAME LAME LAME LAME
10. LOTO LOTO LOTO LOTO
7. Test mots fréquents avec vyelles identiques
PILE SITE RIVE VIDE
8. Test mots fréquents avec consonnes identiques
PAPE PAPI PIPO PAPA
9. Test mots fréquents avec voisin morphologique. Pour demi :
DEMI, DOMI, DCMI, DENI
11. Test bigrammes fin de mot identique
SAPE TAPE RAPE LAPE
12. Test mots fréquents avec voisin phonologique
LAME RAME MARE MALE

Les hypothèses convoquées

Quelles seront les paires minimales connues nécessaires pour reconnaître un mot ? Cette question peut trouver une réponse par l'étude des corrélations entre les résultats au test 3 et les résultats d'entraînement par rapport aux bigrammes en jeu. Y a-t-il corrélation entre les temps de réponse, la progression des apprentissages et les niveaux de déchiffrage ? Nous pourrons l'observer en analysant les temps de réponses des sujets avec leurs progressions et les tableaux temps de réponse comme du logiciel de test 3.

Existe-t-il une corrélation entre les performances sur les mots appris et les mots non connus soit une reconnaissance des bigrammes présents dans notre méthode qui serait facilité par rapport à la reconnaissance de bigrammes non travaillés. Les bigrammes appris exercent-ils une influence sur la reconnaissance des bigrammes en miroir ? Nous pourrons l'analyser à partir des résultats des tests 3 avec les mots MARE et RAME et LIMITE et MILITE. Cela produira-t-il un renforcement ou une confusion ? Et sur quel type de profil ? Les bigrammes constituant des mots retenus sont-ils plus facilement reconnus que les bigrammes des mots non retenus ? Nous pourrons comparer les bons résultats et les mauvaises réponses des évaluations au test 3 sur une trentaine de sujets.

Nous pourrons aussi étudier la pertinence de proximité de certains mots comme SALADE, qui permet de passer à SOLIDE. Les éléments sont intégrés dans le test 3 et permettront de comparer les résultats avec l'entraînement de LECTUS. Il restera alors à effectuer une classification hiérarchique des mots les plus reconnus et de la mettre en corrélation avec la classification hiérarchique des mots ayant le plus de poids. Les sons les plus fréquents dans les exercices vont-ils être assimilés plus rapidement et donc plus reconnus dans les mots ? À ce titre, nous pouvons effectuer des comparatifs et vérifier l'originalité des données.

Le réseau de reconnaissance qui se met en place pour certains bigrammes facilite-t-il l'émergence du réseau complet ? Y a-t-il une progression des compétences avec les sujets de milieux ordinaires et les sujets d'IME ? Cette progression est-elle de même nature ? Combien de temps est nécessaire pour l'automatisation d'un bigramme, d'un mot qui rassemble des bigrammes appris, d'un mot non connu ? Notre étude de psychométrie sur les bigrammes les plus fréquents puis sur les bigrammes les moins fréquents (avec des bigrammes libres puis des bigrammes en mot) permettra de récupérer des données à analyser dans cette perspective.

Combien d'exercices sont-ils nécessaires pour l'automatisation de la reconnaissance d'un bigramme ? Nous pourrons, dans la seconde expérience, prendre les bigrammes les plus automatisés dans l'épreuve de psychométrie et regarder le nombre d'exercices qui s'y rapportent. Les analyses permettront de définir un profil idéal d'organisation des apprentissages, qui sera sans doute spécifique au type de groupe et distinct du milieu spécialisé et du milieu ordinaire.

Résultat de l'expérience

Présentation de la préparation des données. Les données vont examiner la catégorisation (type de profil), les classes fréquentés (IME ou milieu ordinaire), le type d'entraînement (en fonction du logiciel), les temps d'entraînement par exercice ainsi que le temps total pour finir l'ensemble des exercices (qui reste la condition pour un « entraînement terminé »). Les données obtenues sont récupérées sur des fichiers sur la racine du logiciel, au format CVS. Analyse des données par la statistique à partir du Nb de BR par exercices, du Nb de visualisons par Ex, de la moyenne des temps de visualisation par exercice, d'une synthèse des données pour bigrammes et 4 lettres pour les différents groupes. Analyse statistiques des données. L'ensemble des résultats de ces ANOVA ne montrent aucune valeur significative et peu de corrélations

Présentation des données

Préparation des données

Pour de raisons de faisabilité et de lisibilité, nous ne prendrons en compte pour nos analyses que les données sur les bigrammes et mots de 4 lettres. Les données reprennent les axes suivants :

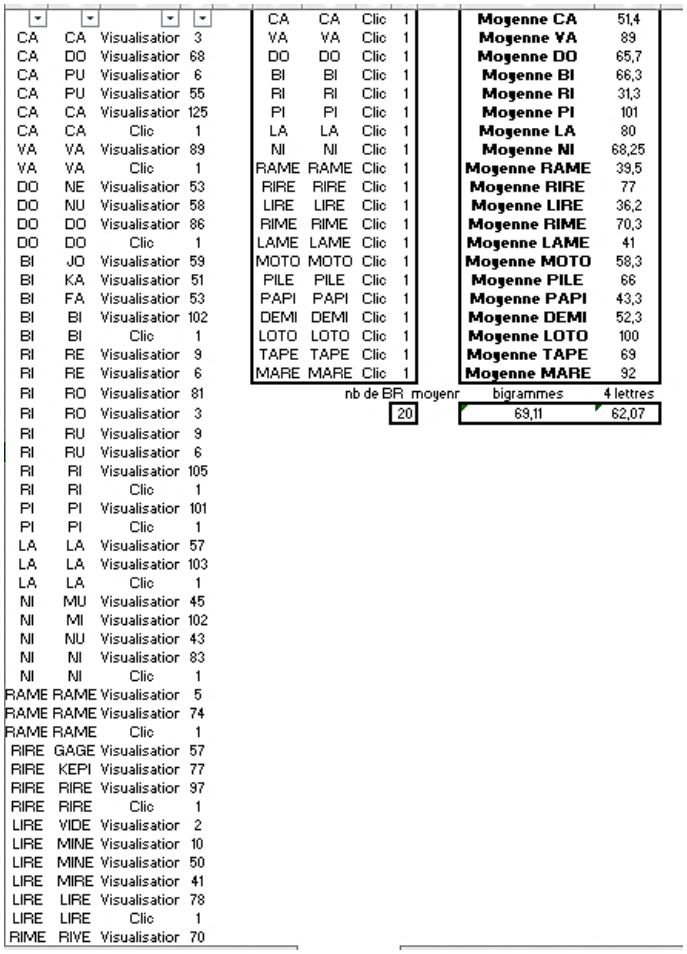
Un test avec inversion des lettres en miroir pour rame :	test 1
Test du mot le plus fréquent avec bigrammes étrangers :	test 2
Test mots fréquents avec bigrammes non étrangers :	test 3
Test mot de bigrammes fréquent avec début identique :	test 4
Test mot identique pour vitesse pure (lame) :	test 5
Test mots fréquents avec deux voyelles identiques :	test 6
Test mots fréquents avec voyelles identiques par deux :	test 7
Test mots fréquents avec consonnes identiques :	test 8
Test mots fréquents avec voisin morphologique :	test9
Test mots identiques pour vitesse pure (loto) :	test 10
Test bigrammes fin de mot identique :	test 11
Test mot fréquent avec voisin phonologique :	test 12

Les données vont examiner en particulier la catégorisation (type de profil), les classes fréquentés (IME ou milieu ordinaire), le type d'entraînement (en fonction du logiciel), les temps d'entraînement par exercice ainsi que le temps total pour finir l'ensemble des exercices (qui reste la condition pour un « entraînement terminé »). Dans la mesure du possible, les groupes seront comparés en fonction du temps qu'ils ont mis à réaliser l'entraînement complet.

Les comparaisons pourront aussi concerner le temps de réponse, le nombre d'erreur, le type d'erreur, le nombre de mots reconnus, la liste des bigrammes acquis ainsi que la liste des mots reconnaissables avec les bigrammes acquis. La chronométrie mise en œuvre permettra de mesurer le niveau d'automatisation des connaissances et enfin de proposer une classification des mots avec la statistique des bigrammes acquis les composant.

Les résultats des tests sont récupérés pour un tableau de synthèse qui présente l'ensemble des données de navigation et d'opération de l'utilisateur comme suit :

Figure 67 - synthèse des données de navigation de l'expérience 3 -



CA	CA	Visualisation	3
CA	DO	Visualisation	68
CA	PU	Visualisation	6
CA	PU	Visualisation	55
CA	CA	Visualisation	125
CA	CA	Clic	1
VA	VA	Visualisation	89
VA	VA	Clic	1
DO	NE	Visualisation	53
DO	NU	Visualisation	58
DO	DO	Visualisation	86
DO	DO	Clic	1
BI	JO	Visualisation	59
BI	KA	Visualisation	51
BI	FA	Visualisation	53
BI	BI	Visualisation	102
BI	BI	Clic	1
RI	RE	Visualisation	9
RI	RE	Visualisation	6
RI	RO	Visualisation	81
RI	RO	Visualisation	3
RI	RU	Visualisation	9
RI	RU	Visualisation	6
RI	RI	Visualisation	105
RI	RI	Clic	1
PI	PI	Visualisation	101
PI	PI	Clic	1
LA	LA	Visualisation	57
LA	LA	Visualisation	103
LA	LA	Clic	1
NI	MU	Visualisation	45
NI	MI	Visualisation	102
NI	NU	Visualisation	43
NI	NI	Visualisation	83
NI	NI	Clic	1
RAME	RAME	Visualisation	5
RAME	RAME	Visualisation	74
RAME	RAME	Clic	1
RIRE	GAGE	Visualisation	57
RIRE	KEPI	Visualisation	77
RIRE	RIRE	Visualisation	97
RIRE	RIRE	Clic	1
LIRE	VIDE	Visualisation	2
LIRE	MINE	Visualisation	10
LIRE	MINE	Visualisation	50
LIRE	MIRE	Visualisation	41
LIRE	LIRE	Visualisation	78
LIRE	LIRE	Clic	1
RIME	RIVE	Visualisation	70

CA	CA	Clic	1
VA	VA	Clic	1
DO	DO	Clic	1
BI	BI	Clic	1
RI	RI	Clic	1
PI	PI	Clic	1
LA	LA	Clic	1
NI	NI	Clic	1
RAME	RAME	Clic	1
RIRE	RIRE	Clic	1
LIRE	LIRE	Clic	1
RIME	RIME	Clic	1
LAME	LAME	Clic	1
MOTO	MOTO	Clic	1
PILE	PILE	Clic	1
PAPI	PAPI	Clic	1
DEMI	DEMI	Clic	1
LOTO	LOTO	Clic	1
TAPE	TAPE	Clic	1
MARE	MARE	Clic	1

Moyenne CA	51,4	
Moyenne VA	89	
Moyenne DO	65,7	
Moyenne BI	66,3	
Moyenne RI	31,3	
Moyenne PI	101	
Moyenne LA	80	
Moyenne NI	68,25	
Moyenne RAME	39,5	
Moyenne RIRE	77	
Moyenne LIRE	36,2	
Moyenne RIME	70,3	
Moyenne LAME	41	
Moyenne MOTO	58,3	
Moyenne PILE	66	
Moyenne PAPI	43,3	
Moyenne DEMI	52,3	
Moyenne LOTO	100	
Moyenne TAPE	69	
Moyenne MARE	92	

nb de BR	moyenr bigrammes	4 lettres
20	69,11	62,07

On peut voir dans la colonne de gauche le détail des opérations de l'utilisateur. Les valeurs sur les lignes « clic » permettent de cibler une bonne ou une mauvaise réponse. En cas de mauvaise réponse, nous pouvons récupérer la solution qui a été proposée. Le détail du nombre de visualisation pour chaque mot est donné sur la colonne de droite. Ces éléments sont ensuite nettoyés pour constituer deux tableaux avec l'ensemble des réponses sur le premier, qui permet immédiatement de situer la réussite des utilisateurs sur l'évaluation. Le second s'intéresse exclusivement aux temps de lecture sur les différents mots parcourus, permettant de situer la difficulté de lecture et l'automatisation pour chacun des mots.

Récupération des données

Les données obtenues sont récupérées sur des fichiers sur la racine du logiciel, elles sont au format CVS et s'ouvrent sur Excel pour livrer, sous forme de listing, les différents éléments de données. Ces éléments donnent lieu à un premier traitement, qui permet d'obtenir un tableau présentant l'ensemble des validations sous la forme de bonnes réponses et de

mauvaises réponses, puis des moyennes de temps de lecture pour chacune des réponses obtenues. Une dernière ligne donne le nombre de bonne réponse et le temps moyen de lecture par niveau. Sur notre exemple de la figure suivante, il s'agit des bigrammes et des mots de quatre lettres.

C'est cette dernière ligne que nous recueillerons pour l'ensemble des sujets afin d'établir les corrélations avec l'entraînement sur LECTUS. À cette fin, nous conservons l'ensemble des données qui nous intéresse, à savoir, sur le sujet présenté en exemple dans la figure suivante :

nb de BR	moy big	moy 4lettres
20	69.11	62.07

Ces données comportant différents tableaux vont ensuite se synthétiser en listing global de présentation identique à celle de la partie expérimentale 2, comme nous pouvons l'observer dans la série de résultats suivants. Voici les tableaux pour l'ensemble des sujets de milieu ordinaire ayant travaillé sur la version B de LECTUS.

Tableau 48 - synthèse des données moyennes par sujet de l'Expérience 3 -

	Nb de BR	Moy Big	Moy 4lettr
RSMITI	17	91,9	149,26
RSMIAD	20	69,1	62,07
RSMIBV	20	70,6	87,00
RSMIBJ	19	72,9	76,11
RSMICT	17	49,2	54,20
RSMIIE	18	46,2	52,95
RSMILS	18	38,1	124,21
RSMIMD	20	58,1	87,24
RSMIMI	18	64,2	67,45
RSMINT	20	78,11	77,24
RSMISL	20	89,24	85,47
RSMIYN	20	75,63	104,21
RSMIZA	18	89,44	95,14
RSMIMJ	18	69,85	78,65
RSMIAB	20	88,45	112,54
NCALBY	17	67,48	104,62
NCALVB	19	77,62	89,35
NCALLM	19	89,41	96,15
NCALJE	17	101,24	127,21
NCALAF	15	89,24	108,65
moy groupe	18,50	73,80	91,99

Analyse des données

Exposition des données

Un premier recueil de données Tableau 49 -exemple du Nb de BR par exercices du test 3- permet de visualiser l'ensemble des réponses aux tests d'évaluation. Il est divisé en fonction de la difficulté, nous présentons ici les données pour les bigrammes et les mots de quatre lettres. Les colonnes de gauche à droite présentent le sujet évalué représenté par son matricule de protocole afin de préserver l'anonymat sur les tables de données, puisqu'elles sont susceptibles d'être consultées. Puis la colonne suivante est celle des catégories d'exercice et ensuite du type d'exercice pour permettre une lecture des événements par ligne et de manière isolée. Enfin, les dernières colonnes présentent la réponse proposée ainsi que la validation (ou la non validation) de cette réponse, les bonnes réponses étant codifiées par la valeur logique 1 (ou vrai) les mauvaises réponses par la valeur logique 0. Nous présentons dans la figure suivante un extrait de ces données.

Tableau 49 -exemple du Nb de BR par exercices du test 3- ; Tableau 50 - exemple du Nb de visualisons par Ex du test 3

LGC3FL				
	big			
		CA	CA	1
		YA	YA	1
		DO	DO	1
		BI	FA	0
		RI	RI	1
		PI	PI	1
		LA	LA	1
		NI	NI	1
	4lettres			
		RAME	REMA	0
		RIRE	RIRE	1
		LIRE	LIRE	1
		RIME	RIRE	0
		LAME	LAME	1
		MOTO	MOTO	1
		PILE	PILE	1
		PAPI	PAPA	0
		DEMI	DENI	0
		LOTO	LOTO	1
		TAPE	TAPE	1
		MARE	MARE	1
LGC1SJ				
	big			
		CA	CA	1
		YA	YA	1
		DO	NU	0
		BI	BI	1
		RI	RE	0
		PI	RI	0
		LA	LU	0
		NI	NU	0
	4lettres			
		RAME	RAME	1
		RIRE	RIRE	1
		LIRE	LIRE	1
		RIME	RIME	1
		LAME	LAME	1
		MOTO	MOTO	1
		PILE	PILE	1
		PAPI	PAPE	0

LGC3FL			
	big		
		Nombre CA	5
		Nombre YA	1
		Nombre DO	3
		Nombre BI	10
		Nombre RI	11
		Nombre PI	1
		Nombre LA	2
		Nombre NI	6
	4lettres		
		Nombre RAME	3
		Nombre RIRE	3
		Nombre LIRE	5
		Nombre RIME	4
		Nombre LAME	1
		Nombre MOTO	4
		Nombre PILE	5
		Nombre PAPI	5
		Nombre DEMI	3
		Nombre LOTO	3
		Nombre TAPE	6
		Nombre MARE	5
LGC1SJ			
	big		
		Nombre CA	7
		Nombre YA	1
		Nombre DO	5
		Nombre BI	9
		Nombre RI	2
		Nombre PI	3
		Nombre LA	1
		Nombre NI	2
	4lettres		
		Nombre RAME	1
		Nombre RIRE	4
		Nombre LIRE	2
		Nombre RIME	5
		Nombre LAME	2
		Nombre MOTO	1
		Nombre PILE	1
		Nombre PAPI	1

Un second tableau de synthèse de données présente les mêmes données, qui seront mises en perspective pour le travail statistique, avec les mesures du nombre de visualisations par exercices. Chaque exercice comportant quatre propositions masqué, une reconnaissance immédiate (dès que la bonne solution apparait) nécessitera en moyenne 2.5 visualisations (la médiane entre 1 et 4) avant réponse. Les élèves ayant le plus de difficultés utiliseront davantage de visualisation afin de trouver un repère qui permettra de définir les bons mots ou alors, par élimination, ceux qui ne le sont pas.

Un dernier tableau de synthèse permet de présenter la moyenne des temps de visualisation par exercice. Indépendamment du nombre de visualisation, nous opérons une moyenne de lecture des différentes propositions. Ce tableau de synthèse, qui reste encore à un certain niveau du détail, permet de revenir sur des exercices précis pour travailler plus en profondeur la progression à la lecture de la statistique globale.

Tableau 51 - moyenne des temps de visualisation par exercice

LGC3FL			
	big		
		Nombre CA	58,4
		Nombre YA	153
		Nombre DO	67,6667
		Nombre BI	50,4
		Nombre RI	40,3636
		Nombre PI	136
		Nombre LA	88,5
		Nombre NI	47,5
	4lettres		
		Nombre RAME	64,6667
		Nombre RIRE	49,57
		Nombre LIRE	55,2
		Nombre RIME	34,5
		Nombre LAME	124
		Nombre MOTO	40,25
		Nombre PILE	95,8
		Nombre PAPI	57,12
		Nombre DEMI	85,8
		Nombre LOTO	53
		Nombre TAPE	54,5
		Nombre MARE	60
LGC1SJ			
	big		
		Nombre CA	104,571
		Nombre YA	173
		Nombre DO	72,4
		Nombre BI	76,8889
		Nombre RI	79,5
		Nombre PI	71,3333
		Nombre LA	139
		Nombre NI	125,5
	4lettres		
		Nombre RAME	226
		Nombre RIRE	101,5
		Nombre LIRE	79,5
		Nombre RIME	107,4
		Nombre LAME	58
		Nombre MOTO	118
		Nombre PILE	147

Un troisième type de tableau de synthèse présente l'ensemble des données avec les coefficients de corrélation des différents éléments mesurés : le nombre de bonnes réponses, les moyennes du nombre de visualisation, les moyennes des temps de visualisation. Ces données de corrélation ainsi que les moyennes des différents ensembles sont lisibles sur les premières lignes du tableau. Ces derniers sont présentés par catégories de sujets, IME version A, Ime Version B, milieu ordinaire et exposés dans leurs intégralités en Annexe. Nous présentons sur les Tableau 99 - synthèse des données du test 3 pour IMEversA Tableau 100 -synthèse des données du test 3 pour IMEversB et

Tableau 101 - synthèse des données du test 3 pour les élèves de milieu ordinaire - présentés en Annexe, un extrait des tableaux pour l'ensemble des populations du test.

Ces tableaux comportent les calculs des différentes analyses statistiques données de corrélation ainsi que les moyennes des différents ensembles sur les quatres premières lignes. Ces différentes analyses vont ensuite pouvoir être rassemblées en un tableau synoptique permettant de comparer les différentes informations comme présentées dans le Tableau 52 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les IME/version A pour les sujets de milieu spécialisé ayant travaillé sur la version A du logiciel :

Tableau 52 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les IME/version A

		moy	moy	moy		moy	moy	moy
		6,444444444	144,9956775	3,259916667		9,027777778	242,4893276	3,588666667
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		-0,477582219	-0,020907474	-0,335654062		0,065133357	-0,335977545	0,026025507
		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
LGC1YD	big	7	265,47	2,457	4lettres	11	2864,21	3,895
LGC1MY	big	5	133,0208333	3,7	4lettres	11	125,0694444	2,389
LGC1DJ	big	8	201,875	2,589	4lettres	11	232,1666667	3,682
LGC1TM	big	8	79,09821429	3,5	4lettres	12	103,2652778	2,5
LGC1VV	big	4	322,5625	2	4lettres	8	235,6777778	1,83
LGC1DR	big	7	166,1430556	4,375	4lettres	8	143,3876984	2,83
LGC1ES	big	7	57,22916667	5,875	4lettres	5	138,3860043	6
LGC1MS	big	7	90,76041667	3,125	4lettres	7	127,6055556	2,92
LGC1MH	big	5	157,5833333	3,875	4lettres	11	73,23333333	3,083
LGC1DR	big	7	166,1430556	4,375	4lettres	11	143,3876984	2,83
LGC1SJ	big	8	105,2742063	3,75	4lettres	11	119,2277778	2,25
LGC1AH	big	6	153,254	2,25	4lettres	10	201,548	3
LGC1DM	big	7	124,387	2,564	4lettres	10	134,655	4,128
LGC1FB	big	5	98,12447	3,115	4lettres	9	123,542	5,241
LGC2JS	big	7	145,9770833	3,875	4lettres	12	106,8513889	3,5
LGC2KT	big	7	102,65	2,856	4lettres	6	144,627	3,988
LGC2AT	big	7	93,89	2,75	4lettres	8	127,47	10
LGC2JL	big	7	187,8891369	3	4lettres	6	127,5851852	4,333
LGC2PM	big	5	125,658	3,214	4lettres	7	256,14	4,521
LGC2BH	big	4	90,11041667	4	4lettres	4	188,3055556	2,67
LGC2CR	big	6	204,65	2,687	4lettres	9	354,149	4
LGC2NV	big	7	184,21	2,814	4lettres	7	268,323	4,5
LGC2GN	big	7	157,12	2,445	4lettres	5	208,324	4,215
LGC3LE	big	8	94,26	2,3	4lettres	11	112,458	2,985
LGC3FL	big	7	80,22878788	4,875	4lettres	7	64,53388889	4
LGC3ME	big	5	157,5833333	3,875	4lettres	11	73,23333333	3,083
LGC3AM	big	7	128,968	3	4lettres	11	122,774	4,152
LGC3AY	big	7	214,255	2,124	4lettres	10	184,25	3,251
LGC3AT	big	6	93,89	2,894	4lettres	7	127,47	4,652
LGC3CH	big	3	416,2604167	3,5	4lettres	5	533,5992063	3,17
LGC3HA	big	6	121,254	3	4lettres	10	235,245	2,154
LGC3ST	big	7	85,245	4,215	4lettres	11	142,668	2,4
LGC3LG	big	7	128,241	2,351	4lettres	11	165,847	2,985
LGC3CB	big	8	72,89375	3,541	4lettres	12	76,10972222	2,5
LGC3MK	big	6	134,587	3,24	4lettres	9	241,025	2,554
LGC3TH	big	7	79,09821429	3,251	4lettres	11	103,2652778	3

Nous pouvons observer que l'ensemble des corrélations mesurées sur le tableau sont peu significatives. Seule la corrélation entre les bonnes réponses et les temps de navigation pour la colonne 3 (0,478) pour les bigrammes et la corrélation entre les bonnes réponse set les et le nombre de visualisation (0,336) présentent des valeurs montrant une légère relation entre ces données. Les scores des sujets de milieu spécialisé ayant travaillé sur la version B du logiciel ne présentent pas plus de correspondances entre les différents éléments. Certains sont même particulièrement bas, voire proche de zéro. Seules les valeurs de corrélation entre les bonnes réponses et les temps de visualisation des mots de 4 lettres présentent une corrélation mais négative. Nous le constatons dans le tableau suivant sur les premières lignes de calcul :

Tableau 53 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les IME/version B -

		moy	moy	moy		moy	moy	moy
		6,69230769	136,50968	3,63115385		8,30769231	160,647156	3,09741026
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		0,03143589	-0,03854977	-4,5827E-05		-0,41727862	0,12454901	0,05437794
		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
IMCMTH	big	8	224,94494	3,75	4lettres	5	195,5875	2,583
IMCMSE	big	8	177,64375	2,125	4lettres	7	188	1,5
IMCGSA	big	8	119,685417	3,5	4lettres	8	185,058333	2,833
IMCGNO	big	4	107,520833	2,5	4lettres	7	127,79375	3,25
IMCGNR	big	7	67,7741071	6,625	4lettres	6	145,738889	2,75
IMCMAL	big	7	50,6458333	2,25	4lettres	9	117,75	2,083
IMCGAN	big	7	122,900298	6,875	4lettres	9	100,299306	6,417
IMCGEM	big	8	90,7604167	4,25	4lettres	10	127,605556	4,167
IMCMGL	big	8	120,552083	3,375	4lettres	8	210,295833	2,25
IMCMLI	big	7	90,9166667	3,125	4lettres	10	148,458333	2,333
IMCMLE	big	6	164,541667	5,625	4lettres	8	132,486111	3,083
IMCMME	big	5	157,583333	3,875	4lettres	11	73,2333333	3,083
IMCMNA	big	9	83,59375	2,25	4lettres	11	94,1833333	3
IMCMOV	big	8	286,348214	3,25	4lettres	6	417,828472	3,167
IMCMRT	big	7	66,2136905	3,375	4lettres	8	62,0652778	2,75
IMCGBL	big	8	157,583333	2,4	4lettres	9	73,2333333	1,85
IMCGMK	big	4	65,3458333	2	4lettres	8	123,798611	1,667
IMCGRN	big	5	136,629167	3,625	4lettres	6	104,043651	4
IMCMJT	big	7	114,396429	4,5	4lettres	10	128,696759	3,167
IMCGBP	big	6	117,24	2,5	4lettres	9	158,61	3,25
IMCGNM	big	6	127,672917	5,25	4lettres	10	160,316667	2,833
IMCMCE	big	5	258,365	3,542	4lettres	8	354,12	4,12
IMCMAF	big	7	236,451	3,741	4lettres	7	265,477	3,542
IMCMSD	big	6	185,147	2,7	4lettres	6	168,234	3,254
IMCMSE	big	5	123,556	4,562	4lettres	9	174,362	3,6
IMCMNV	big	8	95,24	2,84	4lettres	11	139,55	4

Les sujets de milieu ordinaire ayant travaillé sur la version A du logiciel ne présentent pas non plus de corrélation significatives en dehors des valeurs du couple [temps de visualisation-nombre de visualisation] avec une valeur de 0,423 comme on peut le voir sur la troisième ligne, dernière colonne des résultats suivants :

Tableau 54 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les MO/version A

		moy	moy	moy		moy	moy	moy
		7,684210526	120,139406	3,03852632		11,21052632	267,917733	2,66835088
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		-0,366323664	0,23241971	-0,3026558		-0,073957885	0,02197827	0,42273317
SMSAGA	big	nb BR	moytpsvisu	moynbvisu		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
SMSADM	big	8	129,979167	3,25	4lettres	12	154,048148	3,833
SMSAJS	big	7	104,125	2,125	4lettres	10	131,597222	1,667
SMSAJJ	big	7	157,24	2,5	4lettres	11	184,26	2,333
SMSALS	big	8	94,21	2,541	4lettres	11	152,341	3
SMSAMA	big	8	157,583333	2,541	4lettres	12	73,2333333	1,587
SMSATA	big	8	79,0982143	3,11	4lettres	11	103,265278	2,78
SMSAAP	big	8	49,1770833	3,25	4lettres	12	57,0986111	2,833
SMSAYJ	big	7	265,47	2,54	4lettres	11	2864,21	3,665
SMSAHD	big	8	79,0982143	3,5	4lettres	12	103,265278	2,5
SMSABR	big	8	133,020833	3	4lettres	12	125,069444	2,167
SMSATG	big	7	133,020833	3,5	4lettres	10	125,069444	2,417
SMSASB	big	8	146,154167	4	4lettres	11	138,094444	3,083
SMSAVR	big	8	110,679167	3,875	4lettres	12	175,530556	2,667
SCYOKM	big	7	72,89375	3,5	4lettres	11	76,1097222	2,917
SCYOAR	big	8	124,909375	2,625	4lettres	11	123,138889	2,917
SCYOTF	big	8	89,35625	3,75	4lettres	12	129,222222	2,167
SCYOTJ	big	7	132,9125	2,875	4lettres	11	145,009722	3,083
SCYOAJ	big	8	103,408333	3,375	4lettres	11	142,875	2,25
SCYORC	big	8	120,3125	1,875	4lettres	10	86,9986111	2,833

Analyse statistiques des données

Nous voyons qu'il n'y a pas d'évènements majeurs réccurents qui permettent de proposer un lien quelconsque entre les bons résultats le nombre de visualisation et/ou le temps de visualisation. Selon les groupes ces différentes données ont été plus ou moins en avant et plus généralement pour ‚n'indiquer aucune relation. Ainsi, les statistiques montrent que les résultats ne sont pas complétement déterminés par les valeurs de temps et de navigation de

lecture que l'on pourrait penser indiciaires. En effet, le bon lecteur doit lire le mot plus rapidement et le reconnaître dès sa première apparition, tandis que le mauvais lecteur aurait besoin de consulter l'ensemble des propositions afin de faire son choix. Deux hypothèses à ces résultats : soit les bons éléments ont fait quelques erreurs, soit les éléments en difficulté n'ont pas eu le comportement de lecteur laborieux attendus, avec une lecture très lente et pénible par concaténation de lettres puis de syllabe. Les statistiques n'ont pu établir une corrélation assez forte sur ce point pour valider une des deux hypothèses. Les premiers éléments d'analyse ayant rendu peu de corrélations explicites entre les différents paradigmes des données de l'expérience, nous poursuivrons les analyses dans le chapitre suivant avec des ANOVA par groupes.

A partir des différents tableaux suivants et données de corrélation, nous allons tester quelques formules statistiques afin de finir d'établir les différentes relations possibles entre les différents évènements du test d'évaluation et les résultats de l'expérience 1. Dans ce tableau nous proposons des études de corrélations entre les taux d'exercices réussis de l'expérience 2 et les chiffres de sollicitation d'aide bigramme/lettres/consignes de l'expérience 1 pour les niveaux 2 et 3 ainsi que le nombre de bonnes et mauvaises réponses. Pour les sujets d'IME, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 55- synthèse expériences 2 et 3 pour les sujets d'IME version A -

			Expérience 2												Expérience 3					
	totaid2	totaid3	aides			réponses			aides			réponses			Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
			BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
	8	132	4	4	0	346	40	3	95	31	6	973	43	24	LGC1YD	7	11	2,46	3,90	265,47	286,46
	26	240	10	16	0	569	46	9	202	36	2	1048	21	15	LGC1MY	8	11	3,70	2,39	133,02	125,07
	20	14	16	4	0	341	22	14	11	3	0	498	40	4	LGC1DJ	8	11	2,59	3,68	201,88	232,17
	64	27	9	54	1	514	44	21	3	21	3	412	22	10	LGC1TM	8	12	3,50	2,50	79,10	103,27
	388	134	322	27	39	1665	60	85	59	18	57	812	2	37	LGC1VV	4	8	2,00	1,83	322,56	235,68
	122	3	72	24	26	1122	39	98	3	0	0	44	0	4	LGC1DR	7	8	4,38	2,83	166,14	143,39
	838	1154	240	348	250	2610	19	26	512	450	192	5960	5	34	LGC1ES	7	5	5,88	6,00	57,23	138,39
	230	245	212	15	3	496	40	10	232	12	1	454	8	7	LGC1MS	7	7	3,13	2,92	90,76	127,61
	94	91	67	19	8	437	45	13	79	11	1	491	13	12	LGC1MH	5	11	3,88	3,08	157,58	73,23
	235	15	220	13	2	553	40	15	13	2	0	46	1	0	LGC1DR	7	11	4,38	2,83	166,14	143,39
	23	32	10	9	4	534	40	11	13	15	4	954	40	9	LGC1SJ	8	11	3,75	2,25	105,27	119,23
	181	59	111	59	11	612	46	17	11	47	1	878	50	13	LGC1AH	6	10	2,25	3,00	153,25	201,55
	48	30	24	16	8	652	50	9	5	19	6	892	49	5	LGC3LG	7	11	2,35	2,99	128,24	165,85
	153	65	102	42	9	548	43	11	8	53	4	816	60	11	LGC3CB	8	12	3,54	2,50	72,89	76,11
	79	118	54	20	5	576	29	29	112	4	2	651	25	4	LGC3MK	6	9	3,24	2,55	134,59	241,03
	373	284	285	82	6	819	38	31	215	64	5	998	7	28	LGC3TH	7	11	3,25	3,00	79,10	103,27
Moy	275,889	276,167	150,6	52,92	72,42	1023	46,61	55,67	194,6	60,61	20,97	1171	23,08	24,28		6,53	8,94	3,26	3,59	145,00	170,89
ecartmoy	268,784	279,639	138,1	50,88	106,7	665,4	16,05	59,09	200,2	62,87	25,35	828,1	15,04	20,41		0,962963	2,12345679	0,649565	0,970963	51,44671	66,87256
Correlation bonne réponse							-0,41	-0,5					0,207	-0,06							
correlation ex reussi			-0,44	-0,26	-0,39	-0,5	-0,41	-0,5	-0,28	-0,27	-0,37	-0,24	0,207	-0,06							
correl moy nb visu			0,322	0,483	0,217	0,34	0,041	0,175	0,184	0,283	0,245	0,281	0,155	0,007							
correl moy tps visu			0,219	0,025	0,227	0,215	0,468	0,316	-0,04	-0,01	0,252	0,037	-0,05	0,008							

Nous voyons les valeurs essentielles en surlignage qui indique que l'échelle des difficultés est bien respectée. Deux correlations sont notables. Celle de la moyenne des temps de visualisation avec celle des bonnes réponse des exercices de niveau 2 (0,468) qui indique que lorsque les exercices de bigrammes sont bien réussis, il y a un lien direct avec les temps de lecture laissant penser que l'automatisation passe par une bonne reconnaissance des éléments bigrammes qui composent le mot. Puis celle des aides consignes sur les exercices cde niveaux 2 (0,483) moins présente pour les exercices de niveau 3 (0,283) indique que le rapport entre les bigrammes et les éléments composant les mots a bien été conscientisé voir automatisé durant les apprentissages. On peut observer que globalement les correlations sont plus fortes lors des exercices de niveau 2, c'est-à-dire lors du début de pratique du logiciel que par la suite. Cela indique que les outils du logiciel fonctionnent bien et qu'ils permettent d'améliorer les performances tout en s'en libérant pour la suite de la progression. Les Tableau 102 - synthèse expériences 2 et 3 pour les sujets d'IME version B -Tableau 103 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version A -Tableau 104 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version B - présentés en annexe portent les mêmes résultats pour la version B des sujets d'IME puis des deux versions A et B pour les sujets de milieu ordinaire.

Où nous retrouveons les mêmes résultats de quelques correlations rares pour les sujets d'IME, qui sont les mêmes que celles décrit plus haut pour en tirer les mêmes conclusions. En revanche, ces observations ne sont pas présentes pour les deux groupes de milieu ordinaire qui semble avoir recours à des modalités plus intuitives.

Afin de compléter nos analyses nous allons proposer des ANOVA afin de croiser un nouvel indice qui se caractérise comme un coefficient entre le nombre de vision (Coefnbvis) des bigrammes et ceux des mots ainsi que la moyenne de ces temps de vision (Coefmytpsvis) des bigrammes et des mots. Ces deux éléments seront comparés avec les BR2 et BR3 présentés dans le chapitre précédent.

Les valeurs montrent peu de covariations significatives entre ces données. Dans le Tableau 112 - ANOVA à 1 facteur BR2/Coefnbvis - et Tableau 113 - ANOVA à 1 facteur BR2/ Coefmytpsvis - présentés en Annexe, les résultats montrent clairement qu'il n'y pas d'incidence sur nos catégories entre ces différentes valeurs. La Conclusion du test statistique est que la valeur de P étant de 0,170 et 0,182 soit supérieure au seuil de signification 0,05, on conserve donc l'hypothèse nulle (pas de différence significative entre les échantillons). Ainsi, la conclusion de l'expérience pour cette série de mesures, est que le nombre de visualisations n'a pas d'influence directe sur le nopbre de bonne réponse au test de l'expérience 3.

Les mêmes tests d'ANOVA sur les variables de bonnes réponses de niveau 3 (BR3) donnent les résultats suivants des Tableau 114 - ANOVA à 1 facteur BR3/ Coefnbvis -et le Tableau 115 - ANOVA à 1 facteur BR3/Coefmytpsvis -.

Les tests ne montrent aucune valeur significative, la p-value étant supérieur a 5% avec 0,606 et 0,407. Nous allons opérer ces mêmes tests ANOVA sur les valeurs des mauvaises réponses (MR2, MR3) dans lesdeux tableaux suivants : Tableau 116 - ANOVA à 1 facteur MR2/Coefnbvis et Coefmytpsvis - et Tableau 117 - ANOVA à 1 facteur MR3/Coefnbvis et Coefmytpsvis - consultables en annexes. Les temps de visualisation et le nombre de visualisations n'ont donc pas d'incidence sur les mauvaises réponses.

L'ensemble des résultats de ces ANOVA ne montrent aucune valeur significative et aucune corrélation entre les mauvaise réponse et le nombre de visualisation ainsi que le temps de visualisation dans le tableau 116 pour les mauvaises réponses de niveau 2 (0,093 et 0,148) et pour les mauvaises réponses de niveau 3 dans le tableau 117 avec 0,199 et 0,59 même si la dernière valeur est au seuil limite de signification.

Nous examinons maintenant trois tableaux récapitulatifs des données présentées en amont. Ce tableau comporte les différentes réponses au test de l'expérience 3, le nombre réponse, le nombre de visualisation, la somme et la moyenne des temps de visualisation des propositions du logiciel d'évaluation ainsi que ces mêmes valeurs sur les exercices qui constituent des bonnes réponses.

Tableau 56 - synthèse des donnéees par bigramme et mot de l'expérience 3 -

som	rep	nbvis	somtp	moytp	mytpvisBR	mxtpviBR
CA	27	204	20357	3473,0	5947,0	7304
VA	29	118	13658	4266,9	4764,7	5641
DO	32	130	14235	4169,3	4008,8	4332
BI	29	137	12707	3559,2	5005,2	6755
RI	31	135	11711	3416,5	3927,0	4742
PI	23	113	11315	4354,0	3695,7	4301
LA	28	113	10587	3826,8	3218,8	3892
NI	29	98	11068	4378,9	6221,3	6350
RAME	25	99	14148	5408,9	6078,7	7313
RIRE	31	132	16984	4642,1	4780,7	5336
LIRE	25	136	10278	3058,2	5068,5	5435
RIME	26	129	14098	4707,5	4966,0	5315
LAME	33	99	10210	4177,8	3722,6	4498
MOTO	24	92	10205	4175,3	4716,5	5047
PILE	22	106	13125	4452,5	4903,8	6345
PAPI	24	124	14283	4692,8	4691,0	5128
DEMI	16	95	10807	4566,8	4326,8	4656
LOTO	34	74	8697	4496,2	3593,6	4156,2
TAPE	24	121	13847	4450,6	4203,9	4648,4
MARE	20	70	8314	4172,9	4322,0	4716,5

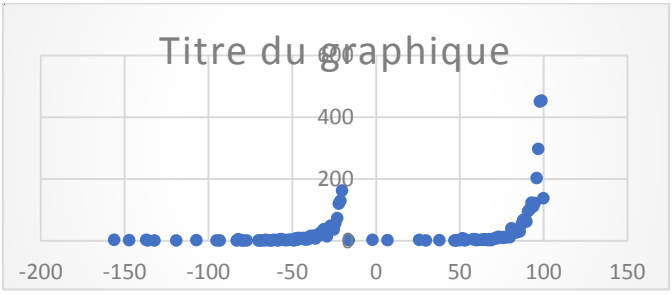
moy	rep	nbvis	somtp	moytp	mytpvisBR	mxtpviBR
CA	0,8	6,0	598,7	102,1	174,9	214,8
VA	0,9	3,5	401,7	125,5	140,1	165,9
DO	0,9	3,8	418,7	122,6	117,9	127,4
BI	0,9	4,0	373,7	104,7	147,2	198,7
RI	0,9	4,0	344,4	100,5	115,5	139,5
PI	0,7	3,3	332,8	128,1	108,7	126,5
LA	0,8	3,3	311,4	112,6	94,7	114,5
NI	0,9	2,9	325,5	128,8	194,4	198,4
RAME	0,7	2,9	416,1	159,1	178,8	215,1
RIRE	0,9	3,9	499,5	136,5	140,6	156,9
LIRE	0,7	4,0	302,3	89,9	149,1	159,9
RIME	0,8	3,8	414,6	138,5	146,1	156,3
LAME	1,0	2,9	300,3	122,9	109,5	132,3
MOTO	0,7	2,7	300,1	122,8	138,7	148,4
PILE	0,6	3,1	386,0	131,0	144,2	186,6
PAPI	0,7	3,6	420,1	138,0	138,0	150,8
DEMI	0,5	2,8	317,9	134,3	127,3	136,9
LOTO	1,0	2,2	255,8	132,2	105,7	122,2
TAPE	0,7	3,6	407,3	130,9	123,6	136,7
MARE	0,6	2,1	251,9	126,5	131,0	142,9

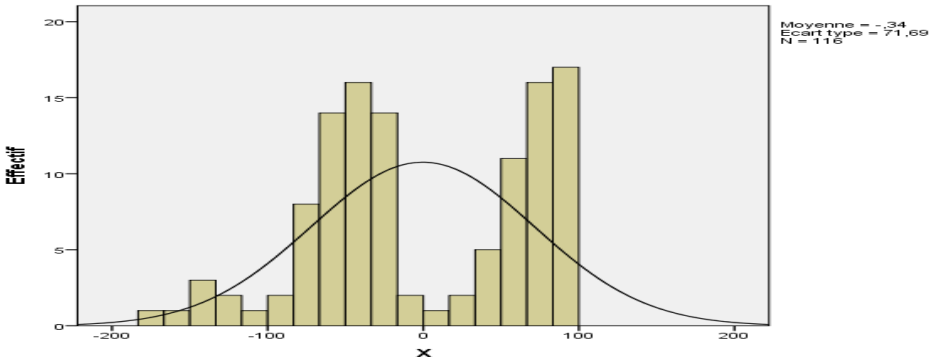
Max	rep	nbvis	somtp	moytp	mytpvisBR	mxtpviBR
CA	1	27	2367	264	680	680
VA	1	8	2286	325	480	769
DO	1	7	2341	585,3	372	372
BI	1	14	1053	288	655,5	1255
RI	1	8	1389	347,3	275	433
PI	1	10	996	467	313	564
LA	1	11	1223	433	285	309
NI	1	9	1417	472,3	1378	1378
RAME	1	12	1757	446,3	552	1081
RIRE	1	13	3476	695,2	404	714
LIRE	1	9	779	195	562	562
RIME	1	10	1116	405	324	324
LAME	1	12	872	324	237	269
MOTO	1	10	739	276	403	403
PILE	1	9	1185	357	323	879
PAPI	1	16	989	325	391	391
DEMI	1	6	781	434	291	291
LOTO	1	4	823	403	275	275
TAPE	1	13	1618	359	270	270
MARE	1	5	602	234	257	257

Sur le tableau des sommes, nous avons pour chaque bigramme ou chaque mot le nombre de bonne réponse ainsi que le nombre de vision totale (c'est-à-dire le nombre de fois ou l'élément a été rencontré. Nous pouvons constater que le nombre de réponse correspond au taux de visualisation. Les valeurs limites de cette statistique étant le bigramme PI (23, 113) et le bigramme DO (32, 130) restent assez proches de notre ensemble de point alors que l'on voit que CA (27, 204) semble plus dans la moyenne mais sonne comme un élément perturbateur.

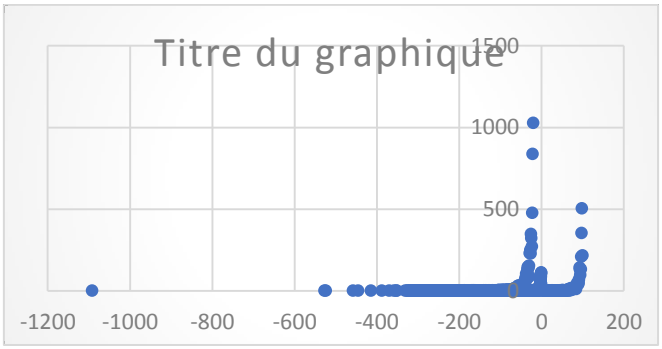
Sur le tableaux des moyennes nous voyons que les valeurs sont relativement groupées. Il n'y a pas d'éléments discriminants, que ce soit le nombre de visualisation ou le temps de visualisation. Sans surprise les temps sont plus courts quand les réponses sont connues et le nombre de visualisation diminue également.

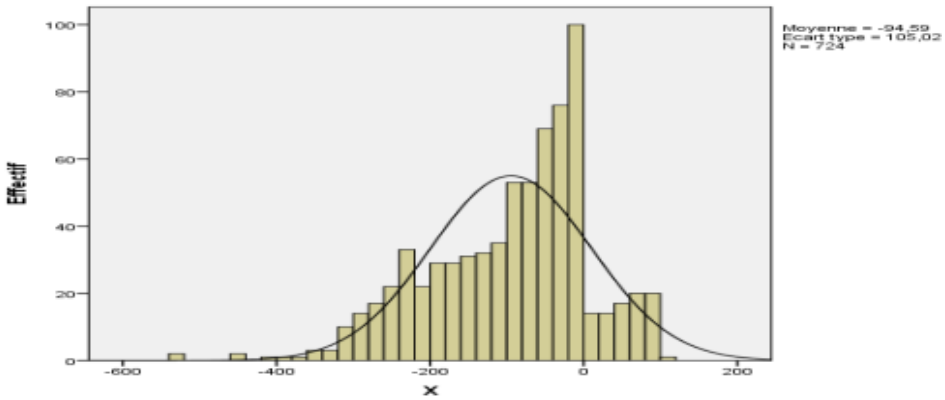
Enfin, un tableau de l'ensemble des scores aux exercices pour les catégories IME et MO (milieu ordinaire) est disponible en annexe. Les graphiques de ces données montrent des différences notables pour les deux catégories. Nous avons pour les sujets de MO les données suivantes :





Les données pour les sujets d'IME, nous obtenons les graphes suivants :





Les graphes comportent une courbe représentant les courbes de loi normale de ces évaluations et indique une répartition assez homogène des résultats pour les deux groupes même si comme nous allons le voir la forme change. Nous voyons que les résultats sont nettement supérieur pour le groupe de milieu ordinaire. Pourtant les résultats mais surtout la distribution change car sur les MO, il semble qu'il y ait deux cas de figure : les élèves qui ont utilisé le logiciel et bien répondu aux réponse sans avoir trop sollicité les systèmes d'aide et ceux qui ont eu besoin de ces aides soit pour trouver les solutions aux exercices soit pour chercher à ne pas faire d'erreur mais qui ont donc obtenu des résultrats différents.

Discussion

Projection de profils de sujets des tests à partir des hypothèses. Sur les profils des sujets de milieux ordinaires, nous observons une confirmation des deux premières catégories. Limite des observations par statistique et analyse à partir des éléments de réponse. Cette partie permet une analyse plus profonde que les indications des études statistiques. L'étude de ces données semble montrer que les éléments proposés ne comportent pas tous le même niveau de complexité pour les élèves et que ces derniers ont une certaine tendance à les modifier dans le sens d'une simplification qui leur est propre

Projection des résultats

Projection de profils de sujets des tests

Nous devons garder à l'esprit que notre expérience cherche à démontrer que les enfants psychotiques n'atteignent jamais ou très rarement le niveau de lecteur expert mais toujours un niveau de lecture partiel ou relativement passable et ne mettent pas en place le même système cognitif de processus de lecture que les enfants du milieu ordinaire. En terme

neuroscientifique, cela revient à se demander si on peut trouver le même réseau de neurones bigrammes dans ces deux différents cerveaux. Aussi pourra-t-on émettre l'hypothèse que la déficience entraînant des difficultés d'apprentissage ne provient pas du fait que la lecture demande une mémorisation et un traitement trop importants, engageant une surcharge cognitive, mais plutôt que le cerveau ne parvient pas à mettre en place le réseau efficace ni le fonctionnement nécessaires pour l'exécution de cette tâche. Ainsi, sans ignorer les difficultés de mémorisation du public spécifique d'IME, nous risquons l'interprétation de nos résultats par le fait que ce désordre pathologique sur ces apprentissages serait d'ordre qualitatif plutôt que quantitatif. À cette fin, nous avons anticipé les hypothèses de nos résultats en avançant les situations que les données devraient confirmer ou infirmer après analyses et apporter de nouvelles indications. Les hypothèses sont les suivantes :

Les hypothèses chez les sujets en milieu ordinaire :

- Progression linéaire
- Forte réussite sur les bigrammes du logiciel
- Moindre réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Moindre réussite sur les bigrammes inconnus

Les Hypothèse chez les sujets en milieu spécialisé (IME) :

Profil A :
- Forte réussite sur les bigrammes du logiciel
- Aucune réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Aucune réussite sur les bigrammes inconnus

Profil B :
- Forte réussite sur les bigrammes du logiciel
- Moyenne réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Moyenne réussite sur les bigrammes inconnus

Profil C :
- Moyenne réussite sur les bigrammes du logiciel
- Faible réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Aucune réussite sur les bigrammes inconnus

Profil D :
- Faible réussite sur les bigrammes du logiciel
- Faible réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Faible réussite sur les bigrammes inconnus

Profil E :
- Aucune réussite sur les bigrammes du logiciel
- Aucune réussite sur les bigrammes hors logiciel
- Aucune réussite sur les bigrammes inconnus

Selon les analyses précédentes, nous pouvons affirmer que quelques distinctions restent à effectuer. L'ensemble respecte sans surprise les projections pour les sujets de milieu ordinaire. La progression de lecture de ces enfants est plus habituelle et respecte une trame pédagogique bien connue du cycle élémentaire. Pour les sujets d'IME, de nombreuses hypothèses semblent ne pas se confirmer.

Profil selon les résultats

Sur les profils des sujets de milieux ordinaires, nous observons une confirmation des deux premières catégories. En revanche, la perspective d'une moindre réussite sur les éléments bigrammes ou les mots étrangers au logiciel ne s'est pas attestée de manière mesurable par nos résultats. Nous allons revenir sur un certain nombre d'éléments, qui vont nous permettre d'affiner cette observation.

Les profils déterminés pour le milieu spécialisé devront également être revus. On peut effectivement voir que les anticipations des Profils A et B, qui prévoyaient une réussite sur les bigrammes du logiciel et une moindre réussite sur les bigrammes hors logiciel ou inconnus, ne se sont pas vérifiés dans le sens ou les nombreuses erreurs sur les mots appartenant au logiciel ne permettent pas de distinguer par la statistique les deux paradigmes. La majorité des sujets semble plutôt se calquer que le profil C, qui prévoit une moyenne réussite sur les bigrammes du logiciel, une faible réussite sur les bigrammes hors logiciel et pas ou très peu de réussite sur les bigrammes inconnus.

Quelques éléments peuvent malheureusement se ranger sur les deux dernières catégories de profil D et E, avisant une rare réussite sur les mots comportant les bigrammes du logiciel, hors logiciel ou inconnus. Dans ce dernier cas, nous pouvons dire et nous le développerons dans notre dernière partie, que le logiciel a bien opéré comme système d'aide pour la lecture mais n'a pas ou peu opéré comme système pédagogique d'aide aux apprentissages.

Contre toute attente, nous pouvons observer que les temps de lecture sont assez semblables pour les deux catégories d'utilisateurs. Les différences de performances se jouant alors plutôt sur les distributions de réponses plutôt que sur les stratégies de lecture, tout du moins dans une analyse de surface.

Les statistiques ne montrent aucune relation entre le nombre de visualisation, le temps de visualisation et le nombre de bonne réponse. Mêmes si les valeurs restent plus significatives pour les élèves de milieu ordinaire, elles restent en dessous du seuil indiquant une quelconque corrélation (entre 0.75 et 1 en valeur absolue). Aussi, si les données renvoient des éléments connotant des troubles de l'apprentissage, elles n'apparaissent pas forcement sur les points d'apprentissage attendus.

Limite des observations par statistique

Analyse à partir des éléments de réponse

Le tableau présenté ci-dessous montre l'ensemble des réponses des différents sujets au test 3. On peut ainsi observer par colonne les différents types d'erreur des sujets. Le tableau est présenté dans son intégralité (les 83 sujets) en Annexe à la page 338.

Ce tableau permet une analyse plus profonde que les indications des études statistiques :

Tableau 57 - Synthèse des éléménts de réponse par sujets de l'expérience 3 -

1		CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
6	LGC1VV	DO	VA	NE	KA	RI	PI	LA	MU	MERA	JUDO	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
7	LGC1DR	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	LAPE	MARE
8	LGC1ES	DO	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	VIDE	RIRE	LAME	LOTO	SITE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
9	LGC1MS	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
10	LGC1MH	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
11	LGC1DR	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	LAPE	MARE
12	LGC1SJ	CA	VA	NU	BI	RE	RI	LU	NU	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	RAPE	MARE
13	LGC1AH	DO	VA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
14	LGC1DM	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
15	LGC1FB	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
16	LGC2JS	CA	VA	DO	BI	RI	BI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
17	LGC2KT	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MARE	RIRE	VIDE	RIRE	LAME	LOTO	SITE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
18	LGC2AT	CA	SE	DO	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	KEPI	LIRE	RIME	LAME	POTO	SITE	PIPO	DCMI	LOTO	TAPE	MALE
19	LGC2JL	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LI	NI	MARE	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	RIVE	PAPE	DEMI	LOTO	RAPE	MALE
20	LGC2PM	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
21	LGC2BH	PU	CE	DO	BI	RI	PI	LI	MU	MARE	KEPI	MIRE	RIDE	LAME	LOTO	PILE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
22	LGC2CR	CA	CE	DO	BI	RI	PI	LU	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
23	LGC2NV	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
24	LGC2GN	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LI	NI	MARE	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	LOTO	RIVE	PAPE	DEMI	LOTO	RAPE	MALE
25	LGC3LE	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
26	LGC3FL	CA	VA	DO	FA	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	PILE	PAPA	DENI	LOTO	TAPE	MARE
27	LGC3ME	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
28	LGC3AM	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
29	LGC3AY	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
30	LGC3AT	DO	VA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	LOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE

La première colonne présente les solutions d'exercices et les autres lignes les propositions des élèves. Nous présentons un extrait à partir de la ligne 6 (Sujet LGC1VV). Les colonnes LAME et LOTO sont inscrites en rouge pour les distinguer ; ces dernières sont les tests de rapidité et ne proposent que les bonnes réponses. La lecture des résultats doit d'ailleurs se lire avec ce paramètre, c'est-à-dire qu'avec une chance sur quatre de bonne réponse et deux bonnes réponses obligatoire sur les douze éléments de réponse, une note de 4/12 est la plus mauvaise note qui puisse être obtenue (sur un plan statistique). En relisant les résultats à la lumière de ces considérations, nous pouvons observer que les résultats des sujets d'IME restent relativement faibles, surtout pour les mots de quatre lettres.

L'étude de ces données semble montrer que les éléments proposés ne comportent pas tous le même niveau de complexité pour les élèves et que ces derniers ont une certaine tendance à les modifier dans le sens d'une simplification qui leur est propre mais qui peut trouver des récurrences générales. Nous le voyons notamment dans la colonne de réponse sur l'exercice « DEMI ». En effet, de nombreuses réponses ont transformé ce mot, qui n'a peut-être pas renvoyé de référent clair en une consonance phonologiquement plus adéquate en proposant la réponse « DOMI ». Peut-être qu'une étude de fréquence ou que la recherche de bigramme « DO », le précédant de quelques exercices, a pu influencer la généralisation de cette erreur.

On peut noter également que les sujets d'IME sont perturbés par les mots possédant des anagrammes comme MARE et RAME. Bien que RAME en fin de test ait obtenu un meilleur score que MARE qui constitue le premier mot de quatre lettres, les éléments ne se renforcent pas mais apporte de la confusion. Cela suppose que le raisonnement suivi n'est pas : connaissance du son « M » qui associé à « A donne « MA » et connaissance du son « R » qui associé à « E » donne « RE ». ce modèle semble être celui de la construction de

connaissance des sujets de CP qui par distributivité retrouve « R » + »A » donne « RA » et « M » + « E » donne « ME ». Les différents bigrammes semblent être mémorisés de manière déstructurée et surtout sans correspondance directe, irrépressible avec le son qu'ils produisent.

Sur l'ensemble des résultats, on peut noter que c'est l'élément de réponse qui contient le plus de mauvaises réponses avec presque 50% et qu'il contenait trois solutions anagrammes. Le mot « MARE » qui ne présentait que deux solutions anagrammes tombe à 30% de mauvaises réponses avec des sujets proposant MALE ou LAME montrant ainsi la forte influence des voyelles et la moindre efficacité des débuts de mots. Les sujets de milieu ordinaire semblent avoir hiérarchisé les informations rendant la réponse qui commence par « MA » plus déterminante, la seule erreur étant une proposition "MALE » (voir tableau intégrale en annexe).

Les sujets ayant bien intégré le fonctionnement en bigrammes auraient dû retrouver le mot RIRE qui est la combinaison de RIME et de LIRE. Ce dernier tableau montre que ces mots ne sont pas interdépendants au niveau des réponses, les différentes propositions à ces exercices n'ayant pas de logique entre elles, les éléments ne sont pas traités par blocs. Les unités des sons ne sont pas toujours comprises.

Statistique comparatives des expériences 2 et3

Un dernier tableau de synthèse va nous intéresser particulièrement pour des statistiques plus approfondies, qui vont permettre de vérifier les dernières hypothèses, dont la plus centrale reste l'empreinte statistique d'une automatisation mise en place au cours des apprentissages - y compris pour les sujets de milieu spécialisé.

Les résultats du test présenté dans le Tableau 58 - synthèse des expérimentations 2 et 3 pour sujets IME/version A - montrent deux aspects bien distincts sur les résultats d'apprentissages. Les groupes du milieu ordinaire ont intégré lesdits apprentissages de manière très générale, mais il est difficile de présenter des éléments qui mettent en évidence une influence (évaluée) des phases d'entraînement sur les performances de réponse.

Les sujets en milieu spécialisés montrent, au contraire, des difficultés à afficher des corrélation avec les séances d'entraînement, les apprentissages semblent chaotique et un meme entrainement peut déboucher sur deux résultats différents même avec des sujet de même profil vois des sujets identiques (certains sujets ont totalement oublié les apprentissages d'une séance sur l'autre). Si nous considérons l'ensemble des sujets, certains font apparaître des erreurs indiquant qu'ils sont passés à travers ces apprentissages. Nous pourrions conclure qu'il existe un effet notable de l'entraînement sur logiciel avec un impact visible sur certains sujets d'IME mais il est difficile de le mettre en miroir par une corrélation directe, mathématique avec les entraînements effectués et les résultats des tests - ces apprentissages mettent en cause beaucoup trop d'éléments moteurs et perturbateurs.

Tableau 58 - synthèse des expérimentations 2 et 3 pour sujets IME/version A -

Expérience 2													Expérience 3					
aides			réponses			aides			réponses			Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
4	4	0	346	40	3	95	31	6	973	43	24	LGC1YD	7	11	2,46	3,90	265,47	2864,21
10	16	0	569	46	9	202	36	2	1048	21	15	LGC1MY	8	11	3,70	2,39	133,02	125,07
16	4	0	341	22	14	11	3	0	498	40	4	LGC1DJ	8	11	2,59	3,68	201,88	232,17
9	54	1	514	44	21	3	21	3	412	22	10	LGC1TM	8	12	3,50	2,50	79,10	103,27
322	27	39	1665	60	85	59	18	57	812	2	37	LGC1VV	4	8	2,00	1,83	322,56	235,68
72	24	26	1122	39	98	3	0	0	44	0	4	LGC1DR	7	8	4,38	2,83	166,14	143,39
240	348	250	2610	19	26	512	450	192	5960	5	34	LGC1ES	7	5	5,88	6,00	57,23	138,39
212	15	3	496	40	10	232	12	1	454	8	7	LGC1MS	7	7	3,13	2,92	90,76	127,61
67	19	8	437	45	13	79	11	1	491	13	12	LGC1MH	5	11	3,88	3,08	157,58	73,23
220	13	2	553	40	15	13	2	0	46	1	0	LGC1DR	7	11	4,38	2,83	166,14	143,39
10	9	4	534	40	11	13	15	4	954	40	9	LGC1SJ	8	11	3,75	2,25	105,27	119,23
111	59	11	612	46	17	11	47	1	878	50	13	LGC1AH	6	10	2,25	3,00	153,25	201,55
62	10	3	608	46	21	82	8	0	543	18	8	LGC1DM	7	10	2,56	4,13	124,39	134,66
386	73	13	945	47	26	743	55	11	1286	4	36	LGC1FB	5	9	3,12	5,24	98,12	123,54
1	2	0	315	46	6	59	28	9	1021	49	12	LGC2JS	7	12	3,88	3,50	145,98	106,85
25	17	1	516	38	4	108	25	6	1245	9	20	LGC2KT	7	6	2,86	3,99	102,65	144,63
29	6	0	385	35	11	25	9	12	598	46	6	LGC2AT	7	5	2,75	10,00	93,89	127,47
5	49	6	595	44	18	6	14	21	562	26	9	LGC2JL	7	6	3,00	4,33	187,89	127,59
259	31	29	1542	34	75	28	26	41	905	26	28	LGC2PM	5	7	3,21	4,52	125,66	256,14
49	30	35	1234	25	87	54	0	5	69	4	2	LGC2BH	4	4	4,00	2,67	90,11	188,31
254	251	120	2015	9	31	312	215	59	3512	2	28	LGC2CR	6	9	2,69	4,00	204,65	354,15
124	19	6	589	37	5	215	60	1	604	20	4	LGC2NV	7	7	2,81	4,50	184,21	268,32
45	12	4	468	53	12	86	26	2	568	24	11	LGC2GN	7	5	2,45	4,22	157,12	208,32
19	2	1	110	14	8	0	0	0	3	0	0	LGC3LE	8	11	2,30	2,99	94,26	112,46
965	163	17	2078	114	67	1844	216	19	3731	22	106	LGC3FL	7	7	4,88	4,00	80,23	64,53
132	190	1332	6020	63	683	256	225	96	2980	16	170	LGC3ME	5	11	3,88	3,08	157,58	73,23
20	21	76	852	46	52	243	58	22	1548	31	30	LGC3AM	7	11	3,00	4,15	128,97	122,77
3	4	7	648	71	30	9	6	1	646	18	31	LGC3AY	7	10	2,12	3,25	214,26	184,25
238	62	60	1034	51	67	606	286	54	3041	64	44	LGC3AT	6	7	2,89	4,65	93,89	127,47
756	163	504	2883	153	347	558	100	103	1735	17	72	LGC3CH	3	5	3,50	3,17	416,26	533,60
134	39	16	949	93	28	173	36	7	1581	44	39	LGC3HA	6	10	3,00	2,15	121,25	235,25
156	9	5	635	18	24	25	3	2	61	5	1	LGC3ST	7	11	4,22	2,40	85,25	142,67
24	16	8	652	50	9	5	19	6	892	49	5	LGC3LG	7	11	2,35	2,99	128,24	165,85
102	42	9	548	43	11	8	53	4	816	60	11	LGC3CB	8	12	3,54	2,50	72,89	76,11
54	20	5	576	29	29	112	4	2	651	25	4	LGC3MK	6	9	3,24	2,55	134,59	241,03
285	82	6	819	38	31	215	64	5	998	7	28	LGC3TH	7	11	3,25	3,00	79,10	103,27

Il est donc peu probable que nous puissions effectuer une distinction sur la visibilité des entraînements en version A et version B. Nous opérerons tout de même ces tests sur les sujets de milieu ordinaire proposé en Annexe.

Impact des entrainements en Version A et B

Afin de mesurer l'impact de l'entrainement, nous avons mis en place une nouvelle série qui utilise le même test d'évaluation de l'expérience 3 et va confronter les deux corpus des versions A et B aux sujets ayant suivi ces entrainements. Le tableau suivant présente les mots de la version A absents de la version B sur les six premières colonnes et inversement pour les six dernières colonnes. Ces mots sont repérés par une coche dans la colonne solution et seront présentés en alternance dans le test d'évaluation. Un exercice de la version A étant précédé et suivi par décrit un exercice de la version B et ainsi de suite.

Figure 68 -contenu test versions A vs B pour les enfants d'IME -

prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol	prop	sol
VENU		LUGE		MIME		VITE	✔	VOTE		SALE		CAVE	✔	CODE	✔	DINE		PURE		RITE		DICO	✔
DUTY		LUNE	✔	MIDI		VIDE		TOVA		SODA	✔	CUVE		COTE		RIDE		PILE		TIRE	✔	CODE	
DUNE	✔	NULE		MINE	✔	GITE		LOVE		SALI		VASE		MODE		DIRE	✔	MIRE		MARE		DINE	
NUDE		MULE		NIME		TIRE		VOLE	✔	DOLA		LAVE		CODA		DURE		PIRE	✔	CIRE		CODI	

Nous ne reproduirons pas ici le détail de l'analyse qui suit le même processus que l'expérience précédente en reprenant les termes de « propositions-solution » décrit dans la Figure 68 -contenu test versions A vs B pour les enfants d'IME -. Ainsi, après récupération et

traitement des données, nous obtenons le tableau récapitulatif suivant qui présente le pourcentage de réussite pour chacun des exercices triés par version et par groupes d'élèves :

Figure 69 - résultats des différents groupes sur les différentes versions -

%	IME		MO		
Exercices	Groupe A	Groupe B	Goupe A	Groupe B	
DUNE	75,58	65,12	97,25	98,51	VersionA
CAVE	62,54	64,57	92,54	93,41	VersionB
LUNE	78,84	71,35	96,48	97,62	VersionA
CODE	67,24	70,62	92,45	94,14	VersionB
MINE	81,42	72,45	97,88	97,62	VersionA
DIRE	74,51	73,81	98,65	98,74	VersionB
VITE	77,26	69,42	96,48	98,35	VersionA
PIRE	64,28	66,83	93,51	97,12	VersionB
VOLE	68,71	66,15	94,62	97,29	VersionA
TIRE	69,85	68,95	97,86	98,62	VersionB
SODA	62,41	61,22	91,24	95,62	VersionA
DICO	57,69	63,84	93,21	96,48	VersionB

moyenne % réussite			
	VersionA	VersionB	
IME	74,037	66,018	Groupe A
IME	67,618	68,103	Groupe B
MO	95,658	94,703	Groupe A
MO	97,502	96,418	Groupe B

Ecart type % réussite			
	VersionA	VersionB	
IME	7,126	5,878	Groupe A
IME	4,239	3,792	Groupe B
MO	2,426	2,791	Groupe A
MO	1,034	2,235	Groupe B

L'étude des moyennes des différents groupes montrent des différences entre le groupe A et B. En effet, pour se concentrer d'abord sur les IME ayant opérés sur la version A, on peut lire une différence significative de 8,01 points sur les moyennes en faveur de la version travaillées. Pour le second groupe s'étant exercé sur la version B, on voit un très faible score, de 0.48 points en faveur de la version travaillés. On voit aussi globalement que le groupe A présente des résultats nettement favorables sur sa version que le groupe B puisque supérieur de 6,41 points, en revanche l'inverse est plus nuancé car le Groupe B ne surpasse que de 2,08 points l'autre groupe dans sa version travaillée.

Les écarts-type de 7.126 et 5.878 pour le groupe A montrent une grande hétérogénéité de niveau dans ce groupe. L'écart est moindre dans le domaine qui a été le plus échoué. Pour le groupe B, les écarts type sont plus réduits et sont moins en corrélation avec les moyennes puisque les tracés sont en chiasme. Les écarts-type de ces deux groupes montrent une grande variation pour ce type de données.

Pour les sujets de milieu ordinaire, les résultats sont contraires puisque nous n'avons pas de sensibilité à la version travaillés pour les pourcentages de réponses. Le taux de réussite est extrêmement élevé pour les deux groupes ce qui le rend peu sensible au type d'exercices travaillés pendant les entrainements. Aussi nous avons une réussite autour de 95% pour l'ensemble du groupe A avec un écart-type autour de 2.6 points. Pour le groupe B, 97% de réussite et un écart-type autour de 1.5. Nous ne notons donc pas de sensibilité au type de version travaillés.

Nous avons vu que les Profils anticipés qui prévoyaient une réussite sur les bigrammes du logiciel et une moindre réussite sur les bigrammes hors logiciel ou inconnus ne se sont pas vérifiés dans notre étude. Ainsi les empreintes laissé par les données lors de la phase d'entrainement sur LECTUS ne sont pas retrouvées lors des tests d'évaluation chez les sujets en IME, y compris pour les sujets ayant effectués un grand nombre d'exercices.

La majorité des sujets semble plutôt se calquer sur un profil qui prévoit une moyenne réussite sur les bigrammes du logiciel, une faible réussite sur les bigrammes hors logiciel et pas ou très peu de réussite sur les bigrammes inconnus.

Autres résultats surprenant, nous avons observé que les temps de lecture sont assez semblables pour les deux catégories d'utilisateurs IME et MO que nous avons testés. Les différences de performances se jouent surtout sur le niveau de réponses indiquant une grande confusion chez les sujets IME. Certaines erreurs montrent que les apprentissages ne sont pas organisés et nous permet de conclure qu'il existe un effet notable de l'entraînement sur logiciel avec un impact visible sur certains sujets mais impossible à mettre en évidence pour l'ensemble par une corrélation directe, statistique

En conclusion, nous pouvons relater une variation notable pour les groupes d'IME en fonction du type de version sur lesquels ils ont travaillés. En revanche, aucune variation pour les groupes du milieu ordinaire qui présentent un fort taux de réussite quel que soit la provenance des exercices et leur version d'origine.

Partie 3 - Expérience 4

Matériel et méthode

Expérience d'écriture des mots entrainés avec système d'aide s'appliquant sur quelques sujets particuliers. Le test de restitution vise surtout les sujets d'IME. Nous voyons que les sujets de milieu ordinaire ont peu d'erreur et n'ont pas besoin d'utiliser les aides pour restituer les mots qu'ils avaient appris avec le logiciel d'entrainement. Pour les sujets d'IME, les erreurs sont nombreuses voire plus nombreuses que les bonnes réponses Les réponses semblent parfois aléatoires et on y peut y voir que les sons sont vaguement rapportés aux lettres

Présentation du logiciel de l'expérience 4

Principe du logiciel de test

Dans cette nouvelle série de tests, nous testons la mémorisation des éléments travaillés en écriture par un test de restitution. Le sujet entend la consigne du son à trouver et doit l'inscrire via le clavier. Un raccourci permet d'utiliser un clavier tactile pour une utilisation sur tablette ou autres supports ne comportant pas de clavier. Les séries sont catégorisées par nombre de lettres, le premier niveau proposant évidemment l'écriture des différentes voyelles et consonnes des exercices. La première page expose donc la consigne avec le son qui doit être trouvé.

Après la présentation de la consigne, le sujet arrive sur une nouvelle page ou une zone de texte permettant de saisir la réponse. Un clavier virtuel est disponible par un clic en bas pour travailler des supports ne comportant pas de clavier.

Figure 70 – Page de consigne du test 4 de restitution -



La présence d'un unique bouton dans cette présentation pour la validation permet de lever toute ambiguïté d'utilisation. La vérification renvoie sur deux suites possibles. En cas de bonne réponse, le dispositif renvoie une diapositive qui permet de passer à l'exercice suivant.

Figure 71 - page de réponse du test 4 de restitution -



En cas de mauvaise réponse, le logiciel permet de récupérer sa réponse et de la comparer avec la solution, comme présenté dans la figure ci-dessous.

Figure 72 - page de renvoie pour mauvaise réponses du test 4 de restitution -



Le bouton vert permet d'afficher la solution et le bouton rouge la mauvaise réponse suggérée par l'élève. En dehors de cette manipulation, un bouton permet d'accéder à l'exercice suivant et un autre de recommencer l'exercice pour tenter de donner une bonne réponse.

Une fois cette première séance d'exercice réalisée, une seconde série propose la reconnaissance des différentes consonnes du logiciel d'entraînement. Pour que le sujet se situe bien dans les exercices, ces derniers sont composés de fonds différents.

Figure 73 - page de présentation de l'exercice suivant du test 4 de restitution -



Les fonds sont différents également entre les parties « présentations d'exercices et consignes » et les parties « vérifications et solutions des exercices ». Cet arrière-plan permet aux élèves de bien se situer et de cibler les taches qu'ils ont à effectuer ainsi que l'ordre et la hiérarchie.

Figure 75 - page de vérification du test 4 de restitution -



Après vérification de la réponse, on peut donc retrouver la diapositive de bonne réponse :

Figure 74 - page de direction des exercices du test 4 de restitution -



Les exercices suivants proposent ensuite l'écriture des bigrammes. Les bigrammes à écrire ont été choisis en fonction des résultats des tests précédents, comme expliqué plus haut avec la description statistique des expériences 2 et 3. Nous exposons ici les différentes présentations des exercices en commençant par les exercices de bigrammes.

Les différents niveaux du logiciel

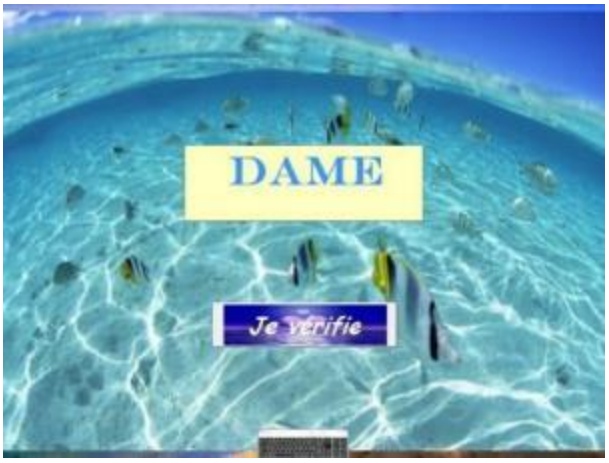
La taille des caractères est conservée ; seule la taille des zones de textes est ajustée, Composition des exercices de 4 lettres :

Figure 76 – présentation des exercices bigrammes du test 4 de restitution -



Figure 77 - série présentant les exercices de 4 lettres du test 4 -







Enfin, les exercices des mots de 6 lettres. Nous ne proposons pas d'exercices pour les mots de 8 lettres ; trop peu de sujet du milieu spécialisé ayant atteint ce niveau pour qu'il soit profitable à une analyse.

Figure 78 - présentation des exercices de 8 lettres du test 4 -



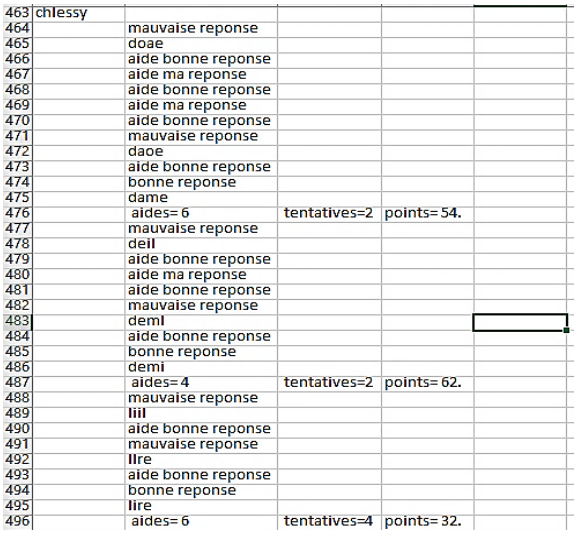
Résultat de l'expérience

Récupération de données

Cette expérience ne s'appliquera pas sur l'ensemble des sujets. Le test de restitution visant surtout les sujets d'IME et notamment les cas les plus intéressants aux vues des résultats des parties expérimentales 2 et 3.

Les données sont rendues avec les mêmes propriétés que les précédentes dans un fichier propre à chaque sujet enregistré au format CVS. Ces données sont ensuite récupérées sur un fichier Excel qui regroupe l'ensemble de sujets sur un même classeur. Elles indiquent l'ensemble des mouvements opérés sur le logiciel. Soit les bonnes et mauvaises réponses avec la présentation des propositions de l'élève, l'utilisation des systèmes d'aides avec « aide bonne réponse » lorsque l'élève sollicite l'aide pour voir la bonne réponse ainsi que « aide ma réponse » lorsqu'il souhaite comparer la bonne réponse avec sa proposition, enfin pour chaque fin d'exercice, une comptabilité du nombre d'aide sollicité, de tentatives opérées ainsi que le nombre de points attribués.

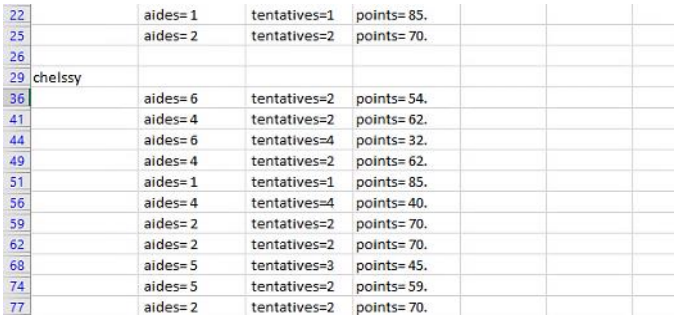
Figure 79 - récupération des données brutes du sujet Test de l'expérience 4 -



463	chlessy				
464		mauvaise reponse			
465		doae			
466		aide bonne reponse			
467		aide ma reponse			
468		aide bonne reponse			
469		aide ma reponse			
470		aide bonne reponse			
471		mauvaise reponse			
472		daoe			
473		aide bonne reponse			
474		bonne reponse			
475		dame			
476		aides=6	tentatives=2	points=54.	
477		mauvaise reponse			
478		deil			
479		aide bonne reponse			
480		aide ma reponse			
481		aide bonne reponse			
482		mauvaise reponse			
483		deml			
484		aide bonne reponse			
485		bonne reponse			
486		deml			
487		aides=4	tentatives=2	points=62.	
488		mauvaise reponse			
489		liil			
490		aide bonne reponse			
491		mauvaise reponse			
492		llre			
493		aide bonne reponse			
494		bonne reponse			
495		lire			
496		aides=6	tentatives=4	points=32.	

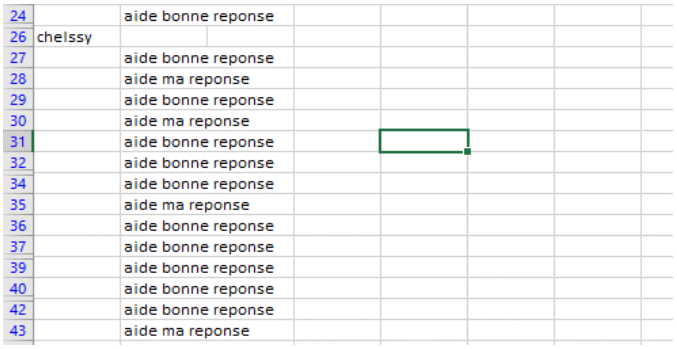
Ces aides permettent aux sujets de ne pas rester bloqués et permet de les valoriser en leur permettant de fournir des bonnes réponses. Ces données sont ensuite regroupées en deux tableaux dont le premier permet de dresser le bilan des données pour chaque exercice en nombre d'aides de tentatives et de scores obtenus ainsi le détail des types d'aides sollicités :

Figure 80 - détail aides, tentatives et points du sujet Test de l'expérience 4



22		aides=1	tentatives=1	points=85.
25		aides=2	tentatives=2	points=70.
26				
29	chelssy			
36		aides=6	tentatives=2	points=54.
41		aides=4	tentatives=2	points=62.
44		aides=6	tentatives=4	points=32.
49		aides=4	tentatives=2	points=62.
51		aides=1	tentatives=1	points=85.
56		aides=4	tentatives=4	points=40.
59		aides=2	tentatives=2	points=70.
62		aides=2	tentatives=2	points=70.
68		aides=5	tentatives=3	points=45.
74		aides=5	tentatives=2	points=59.
77		aides=2	tentatives=2	points=70.

Figure 81 - aide « bonne réponse » et « ma réponse » du sujet Test (exp 4)



24		aide bonne reponse
26	chelssy	
27		aide bonne reponse
28		aide ma reponse
29		aide bonne reponse
30		aide ma reponse
31		aide bonne reponse
32		aide bonne reponse
34		aide bonne reponse
35		aide ma reponse
36		aide bonne reponse
37		aide bonne reponse
39		aide bonne reponse
40		aide bonne reponse
42		aide bonne reponse
43		aide ma reponse

Analyse des données

L'ensemble de ces données permet de faire un tableau récapitulatif pour les deux niveaux de test que nous allons analyser dans notre étude comparative. Les sujets d'IME ayant peu ou dépasser le niveau de 4 lettres nous opérerons un tableau de synthèse pour ces deux catégories de test. Pour les tests portant sur la restitution de bigrammes :

Tableau 59 -bilan par catégories des exercices bigrammes de l'expérience 4 -

		reponse			Aide		
		bonne	mauvaise	recommence	bonne reponse	ma réponse	Total
MILIEU SPECIALISE	IMCGEM	21	3	3	0	0	0
	IMCGNO	10	21	7	27	4	31
	IMCMNA	17	2	2	0	0	0
	LGC1DR	15	13	0	0	0	0
	LGC1VV	24	20	18	22	2	24
	LGC1YD	21	3	3	1	1	2
	LGC2AT	21	6	5	9	1	10
	LGC2JL	16	8	7	4	2	6
	LGC2JS	21	2	2	0	0	0
	LGC3CH	16	11	5	4	3	7
	LGC3ME	18	3	2	0	0	0
	LGC3ST	16	5	5	2	1	3
	LGC3TH	21	2	2	0	0	0
MILIEU ORDINAIRE	SCYOKM	22	0	0	0	0	0
	SCYORC	21	1	1	0	0	0
	SMSAAP	21	0	0	0	0	0
	SMSAGA	22	0	0	0	0	0
	SMSAJS	20	0	0	0	0	0
	SMSALS	20	0	0	0	0	0
	SMSAMA	22	0	0	0	0	0
	SMSASB	22	0	0	0	0	0
	SMSATG	21	1	0	0	0	0
	SMSAVR	22	0	0	0	0	0

Nous voyons que les sujets de milieu ordinaire n'ont pas d'erreur en dehors de quelques rares exceptions. Ils n'ont pas eu besoin d'utiliser les aides pour restituer les mots qu'ils avaient appris avec le logiciel d'entrainement. Pour les sujets d'IME, les résultats sont tout à fait différents. Les erreurs sont nombreuses voire plus nombreuses que les bonnes réponses pour le sujet IMCGNO qui comptabilise 21 mauvaises réponses pour 10 bonnes réponses. Avec LGC1VV, ce sont les deux sujets qui ont dû utiliser de nombreux visionnage de la bonne réponse pour terminer les exercices. Nous voyons que l'utilisation des systèmes d'aides (81 au total) et le nombre de mauvaises réponses (98 au total) sont sans commune mesure avec les élèves de milieu ordinaire. Ces sont pourtant ces mêmes sujets qui, pour la plupart, avait réussi l'encodage de bigrammes sur le logiciel LECTUS avec les systèmes d'aides. Nous voyons qu'il est facile ici de repérer les élèves qui ont des difficultés. Nous pouvons également distinguer ceux qui ont des difficultés et qui y palie avec l'utilisation des systèmes d'aides et ceux qui n'y parviennent pas. On peut ainsi voir un net contraste pour ces exercices sur l'assimilation opéré durant l'entrainement. Les premiers ont construit des représentations mentales à partir de l'entrainement qui leur permet de restituer sans aides les mots entrainés. Les seconds, pour la plupart, ont construit les représentations suffisantes pour valider les exercices dans une situation d'encodage cadré par le logiciel grâce à la limite de lettres disponibles et l'agencement « consonne-voyelle » figé par le logiciel. Les résultats pour le test des mots de quatre lettres est le suivant :

Tableau 60 --bilan par catégories des exercices bigrammes de l'expérience 4 -

		reponse			Aide		
		bonne	mauvaise	recommence	bonne reponse	ma réponse	Total
MILIEU SPECIALISE	IMCGEM	14	11	11	13	0	13
	IMCGNO	5	25	21	18	7	25
	IMCMNA	9	4	0	0	2	2
	LGC1DR	5	9	0	0	0	0
	LGC1VV	13	25	27	43	6	49
	LGC1YD	14	0	0	0	0	0
	LGC2AT	14	25	17	28	8	36
	LGC2JL	13	47	24	24	40	64
	LGC2JS	13	1	0	0	0	0
	LGC3CH	13	65	31	81	38	119
	LGC3ME	14	2	1	1	0	1
	LGC3ST	14	1	0	0	0	0
	LGC3TH	14	0	0	0	0	0
MILIEU ORDINAIRE	SCYOKM	14	1	1	1	1	2
	SCYORC	14	1	1	1	1	2
	SMSAAP	14	0	0	0	0	0
	SMSAGA	14	0	0	0	0	0
	SMSAJS	8	6	0	0	0	0
	SMSALS	13	1	0	0	1	1
	SMSAMA	10	5	0	0	0	0
	SMSASB	14	1	1	1	1	2
	SMSATG	13	2	0	0	0	0
	SMSAVR	18	2	0	0	0	0

Les résultats montrent un contraste encore plus net avec la difficulté qui se fait croissante. Les sujets de milieu ordinaire ont produit les mêmes prestations avec deux sujets qui néanmoins affichent 5 et 6 erreurs de restitution. Ces erreurs étant dues exclusivement à des fautes de terminaison de mot comportant des « e » muets : Mard pour Mare. On peut noter également quelques sollicitations d'aides pour quatre élèves. Pour les sujets d'IME les valeurs augmentent avec 215 mauvaises réponses au total et 309 sollicitation d'aide. Nous remarquons toutefois qu'en dehors de trois sujets la plupart ont fini par donner les bonnes réponses.

Il est d'ailleurs intéressant d'analyser les propositions des sujets qui ont rencontrés le plus de difficultés pour ce test comme dans ce Tableau 61 - éléments de réponse de l'expérience 4 par sujets :

Tableau 61 - éléments de réponse de l'expérience 4 par sujets

SMSAMA	LGC1DR	LGC1VV	LGC2AT	LGC3ME	LGC2JL	LGC3CH	
tame	dme	doae	aine	mare	ma	ddma	priere
demie	dei	daoe	dine	moto	dame	dame	priere
lire	live	dame	dame	pipeut	kizk	daem	pire
loto	moto	deil	daaer	pipeu	ieme	daemi	mat
mare	mar	demi	demi	pi	miel	daei	matre
moto	moto	demi	mile	pire	liel	daeim	terma
pipe	pie	llll	lien	rame	lrel	daemt	mater
pire	pri	lire	amem	rare	lrei	demi	ratme
rame	rame	lire	dame	sale	mler	rei	rate
rare	rame	mole	demi	tire	vrel	reil	ratem
sale	sale	ma	lire	vase	veie	lrei	ramte
uu	drne	mare	loto	vise	veri	lreii	rame
vaze	vase	moto	mare		vrei	lire	rmat
visse	vise	mosaz	moto		riel	too	rmar
vise		pipe	pipe		lire	tool	rmr
sale		filu	pire		to	tolo	rmre
tire		pia	mra		loto	loto	rare
antr		pia	rame		mar	mate	las
vase		pi	lae		marm	mater	lase
lire		pire	raer		mare	mare	lsae
seli		mroi	rare		toto	olto	slae
vise		ra	aslm		moto	oltom	sale
		rame	laim		pipo	moto	ateyg
		ralm	salm		pipe	pie	arei
		ralre	sale		pioe	piepi	tare
		rare	tire		pire	piep	tiare
		llea	vase		prte	peip	tarie
		slam	vils		rmoy	piep	tiare
		salme	vile		rame	pie	tire
		sale	vise		rar	piep	aal
		tire			rare	riae	vsae
		tire			sa	riaeo	vase
		tire			sale	preia	sle
		tuil			tile	pri	vsi
		vise			tirle	prie	vies
		vase			tire	prier	vsie
		veis			va		vise
		vise			vase		

On voit qu'ne dépit des diapositives intervalle de chaque exercice annonçant oralement le prochain exercice de quatre lettres, beaucoup de sujets d'IME n'ont pas su ou pu utiliser ce repère. On voit que ni l'alternation consonne-voyelle, ni le nombre des lettres ni l'ordre des lettres n'ont été stabilisées.

Les réponses semblent parfois aléatoires et on y peut y voir que les sons sont vaguement rapportés aux lettres qui peuvent les représenter mais qu'il n'y a pas de construction possible du mot. Ces sujets en difficultés ont réussi à valider un certain nombre de réponse en utilisant les aides, c'est-à-dire lors d'un clic sur « aide réponse » l'ordinateur affiche la bonne réponse. Il ;reste alors au sujet à mémoriser cette réponse, à cliquer sur « recommencer » puis à réécrire la solution. On voit que même dans ce cas de figure de grande difficultés peuvent survenir. L'ordre des lettres peut ne pas être conservé ou encore disparaitre pour certaines. Ces observations viennent conforter l'idée d'une désorganisation visuo-spatial qui gêne énormément la mémorisation et ne permet pas l'évolution d'un système structuré. Nous allons étudier par ANOVA les relations entre le nombre de bonnes réponses des exercices bigrammes et des exercices de mots et une condition présentés sous forme binaire qui représentant l'utilisation des systèmes d'aides.

Figure 82 - ANOVA à 1 facteur BR bigramme et Co ; BR mot et CO -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	5,236	1	5,236	,499	,488
Intra-groupes	220,417	21	10,496		
Total	225,652	22			
	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	1,857	1	1,857	,189	,668
Intra-groupes	205,882	21	9,804		
Total	207,739	22			

Nous voyons que les résultats de ces ANOVA sont non significatifs. Puis les ANOVA de ces mêmes conditions avec les mauvaises réponses.

Figure 83 - ANOVA à 1 facteur MR bigramme et Co ; MR mot et CO -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	438,612	1	438,612	22,202	,000
Intra-groupes	414,867	21	19,756		
Total	853,478	22			
	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	4229,540	1	4229,540	44,504	,000
Intra-groupes	1995,765	21	95,036		
Total	6225,304	22			

Nous voyons que les résultats sont très significatifs sur ces deux dernières valeurs, nous avons donc une forte et unique relation de notre coefficient avec les mauvaises réponses.

Seconde manipulation de la partie expérimentale 4

Seconde manipulation de la partie expérimentale 4 afin d'obtenir le listing des circonstances d'un bigramme donné. Cette dernière manipulation va nous permettre de faire un focus sur quelques sujets afin de comprendre le parcours et de répondre à la question de la construction des « neurones bigrammes ». Nous pouvons faire le choix de la traçabilité d'un bigramme sur lequel le sujet présente des difficultés ou une progression particulière. On peut observer dans le tableau suivant les sollicitations des bigrammes « VI » ainsi que les exercices où ils apparaissent. Etude de l'Ensemble des « succès par bigramme » contenant le son « LA » sur LECTUS.

Descriptif de la manipulation

Obtenir le listing des circonstances d'un bigramme donné

Cette dernière manipulation va nous permettre de faire un focus sur quelques sujets afin de comprendre le parcours et de répondre à la question de la construction des « neurones bigrammes » lors des différentes expériences de test. À cette fin, nous avons élaboré un programme qui fonctionne comme un algorithme, puisqu'il permet de restituer l'ensemble des éléments rencontrés par le sujet et d'en tracer un historique à partir des différents bigrammes. Ces données se présentent sous la forme d'un tableau Excel qui comporte trois onglets : l'onglet « défilement par bigramme » pour la navigation et les éléments vus, l'onglet « consultation aide par bigramme » pour les éléments entendus, l'onglet « succès par bigramme » pour tous les éléments compris dans les bonnes réponses.

Par exemple, nous pouvons faire le choix de la traçabilité d'un bigramme sur lequel le sujet présente des difficultés ou une progression particulière qui permette d'en faire un point d'étude intéressant. Par exemple, nous présentons dans le tableau suivant, l'historique des éléments ou le sujet a vu le bigramme « LA ». On peut ainsi voir dans quel type d'exercice et dans quelle configuration ce bigramme a été sollicité et surtout le nombre de fois ou le sujet l'a eu sous les yeux.

Tableau 62 - navigations contenant le bigramme « LA » d'un sujet sur LECTUS

115	##########	3	11	0	MINE	MILA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
116	##########	3	8	0	LOTO	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
117	##########	3	8	0	LOTO	LADA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut
118	##########	3	23	0	RIDE	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
119	##########	3	3	0	DUNE	DULA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
120	##########	3	19	0	PIPE	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
121	##########	3	34	0	VIDE	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
122	##########	3	15	1	NANA	DALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
123	##########	3	15	2	NANA	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
124	##########	3	15	2	NANA	NALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
125	##########	3	17	0	PAPI	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
126	##########	3	17	0	PAPI	PALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
127	##########	3	17	3	PAPI	DALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
128	##########	3	17	5	PAPI	DALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
129	##########	3	17	6	PAPI	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
130	##########	3	36	0	VOLE	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
131	##########	3	36	0	VOLE	VOLA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut
132	##########	3	26	0	ROME	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
133	##########	3	28	0	SAPE	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
134	##########	3	28	0	SAPE	SALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
135	##########	3	16	0	PAPA	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
136	##########	3	16	0	PAPA	PALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
137	##########	3	2	0	DEMI	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
138	##########	3	2	0	DEMI	DELA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
139	##########	3	21	0	RAME	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
140	##########	3	21	0	RAME	RALA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
141	##########	3	32	0	VELU	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
142	##########	3	32	0	VELU	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
143	##########	3	32	0	VELU	LADA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas
144	##########	3	32	0	VELU	VELA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut
145	##########	3	33	0	VENU	VELA	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas

Défilement par bigramme | Consultation Aide par bigramme | Succès par bigramme | Feuil1 | log

Ce tableau présente toutes les sollicitations d'aides contenant un bigramme précis et les situations dans lesquels elles ont été sollicitées (essentiellement dans les « aides

consigne » et « les aides bigramme »). On peut observer dans le tableau suivant les sollicitations des bigrammes « VI » ainsi que les exercices où ils apparaissent.

Tableau 63 - « aides bigramme » du son « LA » sur logiciel LECTUS -

vi

Temps	Niveau	N° Exerc	Nombre d'or.	Solution	Affichage	Action	Type d'ai	Valeur Act	Valeur Acti	Pointe	Durée	Nb d'acti
##########	2	13	0	VI	DA	Consulter Aide	Consigne		VI	VI		
##########	2	13	0	VI	VI	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	2	13	0	VI	VI	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	2	13	0	VI	VI	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	2	5	0	LE	VI	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	2	5	0	LE	VI	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	3	35	0	VITE	DADA	Consulter Aide	Consigne		VITE	VITE		
##########	4	38	0	VIDERA	DADADA	Consulter Aide	Consigne		VIDERA	VIDERA		
##########	4	38	0	VIDERA	VIDADA	Consulter Aide	Consigne		VIDERA	VIDERA		
##########	3	34	0	VIDE	DADA	Consulter Aide	Consigne		VIDE	VIDE		
##########	3	34	0	VIDE	VADA	Consulter Aide	Consigne		VIDE	VIDE		
##########	3	34	0	VIDE	VIDE	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	3	34	0	VIDE	VIDE	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	3	34	0	VIDE	VIDE	Consulter Aide	Consigne		VIDE	VIDE		
##########	3	34	0	VIDE	VIDE	Consulter Aide	Consigne		VIDE	VIDE		
##########	3	34	0	VIDE	VILE	Consulter Aide	Consigne		VIDE	VIDE		
##########	4	10	0	NAVIRE	DADADA	Consulter Aide	Consigne		NAVIRE	NAVIRE		
##########	4	10	0	NAVIRE	DADADA	Consulter Aide	Consigne		NAVIRE	NAVIRE		
##########	4	21	0	RIVALE	RAVIDA	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	4	21	0	RIVALE	RAVIDA	Consulter Aide	Bigramme	VI	VI	VI		
##########	3	35	0	VITE	VADA	Consulter Aide	Consigne		VITE	VITE		
##########	4	38	0	VIDERA	DADADA	Consulter Aide	Consigne		VIDERA	VIDERA		
##########	4	38	0	VIDERA	DADADA	Consulter Aide	Consigne		VIDERA	VIDERA		

se

Temps	Niveau	N° Exerc	Nombre d'or.	Solution	Affichage	Action	Type d'ai	Valeur Act	Valeur Acti	Pointe	Durée	Nb d'acti
##########	2	5	0	LE	SE	Consulter Aide	Bigramme	SE	SE	SE		
##########	2	29	0	TU	SE	Consulter Aide	Bigramme	SE	SE	SE		
##########	5	2	0	MARITIME	MASESADA	Consulter Aide	Bigramme	SE	SE	SE		
##########	5	10	0	TOTALISE	DADADADA	Consulter Aide	Consigne		TOTALISE	TOTALISE		
##########	5	10	0	TOTALISE	TOTADADA	Consulter Aide	Consigne		TOTALISE	TOTALISE		
##########	6	0	0	SONORISERA	DUSONORIVA	Consulter Aide	Consigne		SONORISERA	SONORISERA		
##########	6	0	0	SONORISERA	DUSONORIVA	Consulter Aide	Consigne		SONORISERA	SONORISERA		

Défilement par bigramme | **Consultation Aide par bigramme** | Succès par bigran

Enfin, le dernier onglet présente donc les éléments de bonne réponse qui sont répertoriés par bigramme. On peut ainsi dans une synthèse synoptique posséder tous les éléments de réponse qui possèdent un bigramme précis.

Tableau 64 - Ensemble des « succès par bigramme » du son « LA » --

do

Temps	Niveau	N° Exerc	Nombre d'or.	Solution	Affichage	Actio	Type d'ai	Valeur Actio	Valeur Actio	Pointe	Durée	Nb d'acti
##########	2	36	0	DO	DO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	3
##########	4	1	0	DOMINO	DOMINO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	16
##########	5	15	0	MARADONA	MARADONA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	15

da

Temps	Niveau	N° Exerc	Nombre d'or.	Solution	Affichage	Actio	Type d'ai	Valeur Actio	Valeur Actio	Pointe	Durée	Nb d'acti
##########	2	24	0	DA	DA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	1
##########	3	0	0	DAME	TAME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	3	0	1	DAME	DAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	32
##########	3	1	0	DATE	DATE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	7
##########	3	30	0	SODA	SODA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	19
##########	4	4	0	MADAME	MADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	4	4	1	MADAME	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	4	4	2	MADAME	MADAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	21
##########	3	0	0	DAME	TAME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	3	0	1	DAME	TAME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	3	0	2	DAME	TANE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !		
##########	3	0	3	DAME	DAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	56

vi

Temps	Niveau	N° Exerc	Nombre d'or.	Solution	Affichage	Actio	Type d'ai	Valeur Actio	Valeur Actio	Pointe	Durée	Nb d'acti
##########	2	13	0	VI	VI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	17
##########	3	35	0	VITE	VITE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	24
##########	4	0	0	DEVINE	DEVINE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	16
##########	4	38	0	VIDERA	VIDERA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	19
##########	3	34	0	VIDE	VIDE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	32
##########	4	10	0	NAVIRE	NAVIRE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	Bonne réponse !	####	28

Ces données sont disponibles grâce un dédoublement de la colonne action qui permet de récupérer les différents éléments de navigation comme on le voit dans l'exemple suivant.

Tableau 65 - élément « log » de l'expérience 4 -

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Ac	Points	Durée	Nb d'actio	
########	0	0	0			Se connecter			0	0			0
########	2	0	0	RE	VA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-0,2
########	2	0	0	RE	TA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-0,4
########	2	0	0	RE	SA	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-0,6
########	2	0	0	RE	SA	Consulter Ai	Bigramme	SA	SA	SA			-5,6
########	2	0	0	RE	SY	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-5,8
########	2	0	0	RE	SU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-6
########	2	0	0	RE	SO	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-6,2
########	2	0	0	RE	SI	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-6,4
########	2	0	0	RE	SI	Consulter Ai	Consigne		RE	RE			-12,4
########	2	0	0	RE	SI	Consulter Ai	Consigne		RE	RE			-18,4
########	2	0	0	RE	RI	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-18,6
########	2	0	0	RE	RE	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-18,8
########	2	0	0	RE	RI	Défiler	Sans aide	Bas	Bas	Bas			-19
########	2	0	0	RE	RE	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-19,2
########	2	0	0	RE	RE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne répor	Bonne répor	0:00:00	14	81
########	2	28	0	RO	DA	Consulter Ai	Consigne		RO	RO			-6
########	2	28	0	RO	DA	Consulter Ai	Consigne		RO	RO			-12
########	2	28	0	RO	DY	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-12,2
########	2	28	0	RO	DU	Défiler	Sans aide	Haut	Haut	Haut			-12,4
########	2	28	0	RO	DU	Consulter Ai	Consigne		RO	RO			-18,4
########	2	28	0	RO	DU	Consulter Ai	Consigne		RO	RO			-24,4

Défilement par bigramme | Consultation Aide par bigramme | Succès par bigramme | Feuil1 | log

Analyse statistique des éléments

Nous présentons en annexe l'ensemble des données sur 45 sujets ayant passé le test d'évaluation où nous avons regroupés les éléments de construction de la reconnaissance. Un extrait de ces données se présente comme suit :

Tableau 66 - résultats par bigramme du mot pour tous les sujets -

	IMCMAL							IMCGAN							LGC3AT							LGC2JS							SMSAVR							LGC3CH							IMCGBL							LGC1MS								
	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC	A1	A2
RAME	20	48	0	1	1	0	415	1	0	1	1	3	0	1232	15	43	5	5	0	2	1243	2	3	1	1	27	6	192	0	1	5	6	0	0	504	32	41	25	2	7	27	2869	0	0	0	1	0	0	234	11	11	1	1	1	23	194	6	3
LIRE	19	22	2	3	0	2	127	0	0	1	1	3	10	405	29	23	4	10	3	5	475	1	2	1	0	43	6	169	0	1	8	6	2	1	344	22	19	34	3	24	14	647	1	1	0	1	1	0	114	2	6	1	1	3	32	597	2	4
RIRE	13	22	3	3	1	2	276	0	0	1	1	0	10	979	18	23	6	10	1	5	854	2	2	0	0	7	6	239	0	1	4	6	3	1	320	39	19	3	3	17	14	214	2	1	0	1	0	0	413	0	6	1	1	3	32	931	4	4
MOTO	19	36	1	1	8	0	374	0	0	1	1	0	3	241	10	5	4	4	1	1	486	1	2	1	0	0	4	147	0	2	3	3	1	9	357	14	19	2	2	18	8	1488	4	0	1	0	0	0	175	7	0	1	1	0	2	568	2	6
PILE	33	18	3	3	9	1	75	0	0	1	2	8	11	354	15	37	5	5	7	4	875	3	2	0	0	0	0	1185	0	0	5	4	0	0	455	37	21	1	1	1	4	1212	0	0	0	0	0	0	511	0	5	3	2	0	7	430	1	3
PAPI	21	33	2	3	0	9	441	1	0	1	1	0	8	838	18	15	3	5	2	7	1324	1	3	0	0	0	0	430	0	0	3	5	0	0	489	17	37	1	1	0	1	2166	1	0	0	0	0	0	325	34	0	4	3	0	0	373	4	1
DEMI	35	9	2	1	14	0	290	1	0	2	1	19	6	8	30	30	8	7	15	3	562	1	1	0	0	7	0	403	0	0	9	7	1	1	823	34	22	33	1	12	25	1201	2	0	1	1	0	0	224	5	1	2	1	6	2	434	9	3
TAPE	36	21	1	2	0	10	287	0	0	1	0	0	1	483	16	51	5	5	8	8	651	2	1	0	0	0	3	534	1	0	1	0	0	4	375	58	14	1	3	15	10	1138	0	1	0	1	0	0	377	17	3	1	1	1	5	1596	6	1

A1 : nb d'aide du premier bigramme du mot ; A2 : aide sollicités sur le second bigramme du mot ; B1 : nombre de bonnes réponses concernant le premier bigramme du mot ; B2 : nombre de bonnes réponses concernant le second bigramme du mot ; M1 : nombre de mauvaises réponses concernant le premier bigramme du mot ; M2 : nombre de mauvaises réponses concernant le second bigramme du mot ; Sc : score du mot. Ces données permettent d'analyser les scores de mots en fonction des scores des éléments qui le compose. Ces données sont synthétisées par trois tableaux présentant réciproquement la somme, les moyennes et la valeur maximum de l'ensemble des données. Nous y avons ajouté trois colonnes AA, BB, MM représentant le total des valeurs du premier et second bigramme pour les données recueillis. Les tableaux de synthèse donnent les résultats suivants.

Tableau 67 - somme, moyenne et maximum des bigrammes par sujet -

som	A1	A2	AA	B1	B2	BB	M1	M2	MM	SC
RAME	363	310	673	102	79	181	164	220	384	14588
LIRE	274	224	498	118	103	221	144	332	476	8970
RIRE	285	224	509	79	103	182	217	332	549	12211
MOTO	236	241	477	57	52	109	101	141	242	11511
PILE	216	288	504	70	76	146	111	209	320	14462
PAPI	419	216	635	56	70	126	54	111	165	15700
DEMI	342	290	632	142	71	213	532	107	639	12101
TAPE	454	166	620	39	44	83	129	162	291	13571
Corrél	0,5	0,2	0,6	-0	-0	-0	-0,3	-1	-0,5	1

moy	A1	A2	AA	B1	B2	BB	M1	M2	MM	SC
RAME	12,5	10,7	11,6	3,5	2,7	3,1	5,7	7,6	6,6	503,0
LIRE	9,4	7,7	8,6	4,1	3,6	3,8	5,0	11,4	8,2	309,3
RIRE	9,8	7,7	8,8	2,7	3,6	3,1	7,5	11,4	9,5	421,1
MOTO	8,1	8,3	8,2	2,0	1,8	1,9	3,5	4,9	4,2	396,9
PILE	7,4	9,9	8,7	2,4	2,6	2,5	3,8	7,2	5,5	498,7
PAPI	14,4	7,4	10,9	1,9	2,4	2,2	1,9	3,8	2,8	541,4
DEMI	11,8	10,0	10,9	4,9	2,4	3,7	18,3	3,7	11,0	417,3
TAPE	15,7	5,7	10,7	1,3	1,5	1,4	4,4	5,6	5,0	468,0
Corrél	0,45	0,2	0,6	-0	-0	-0	-0,3	-0,5	-0,5	1

max	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC
RAME	61	48	25	12	78	92	2869
LIRE	62	35	34	19	43	108	779
RIRE	50	35	11	19	106	108	979
MOTO	59	76	7	5	18	27	1488
PILE	37	75	8	12	34	64	1270
PAPI	64	37	4	8	22	34	2166
DEMI	74	83	33	7	300	25	1293
TAPE	68	51	5	6	32	66	1596
Corrél	0,2	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	-0,2	1,0

min	A1	A2	B1	B2	M1	M2	SC
RAME	0	0	0	1	0	0	103
LIRE	0	0	0	0	0	0	90
RIRE	0	0	0	0	0	0	57
MOTO	0	0	0	0	0	0	118
PILE	0	0	0	0	0	0	75
PAPI	0	0	0	0	0	0	95
DEMI	0	0	0	0	0	0	8
TAPE	0	0	0	0	0	0	144

Les tableaux donnent RIRE et DEMI comme meilleurs scores de bonnes réponses (3.8 et 3.7) suivi de RIRE et RAME (3.1). Pour les mauvaises réponses nous observons DEMI et LIRE (11 et 9.5). ainsi DEMI obtient un grand score dans les bonnes réponses et dans les mauvaises. On voit dans le tableau des sommes que ce sont les exercices les plus réalisés. Les meilleurs scores sont PAPI et RAME. Les valeurs de corrélation indiquent uniquement une forte corrélation entre les mauvaises réponses du second bigramme du mot et le score. On aurait pu s'attendre à avoir une forte corrélation entre les scores qui composent les bigrammes du mot et le mot.

Test et utilisation sur deux sujets

Nous allons maintenant étudier deux cas précis pour l'utilisation de cette dernière manipulation faisant partie du dispositif expérimental. Pour que les tests soient pertinents nous allons choisir deux sujets qui rencontrent des difficultés afin d'examiner les rapports entre la progression de l'entrainement et les résultats des tests.

Le premier sujets pour les tests sera le sujet LGC2AT car les données ont montré qu'il y avait des bonnes réponses mais de long temps de navigation ainsi que de nombreuses sollicitations des différents systèmes d'aides. Ainsi, le focus nous permettra d'identifier ces aides précises et de mesurer leur efficacité ou non-efficacité au cours des différentes expériences.

Le second sujet est dans une même situation d'utilisation du logiciel d'entrainement avec de nombreuses sollicitations et de nombreux exercices effectué dont certains sont recommencé plusieurs même après des bonnes réponses. En revanche les résultats des expériences 2 et 3 restent très moyens. Ce focus permettra, nous l'espérons, de comprendre pourquoi l'ensemble des exercices effectués n'ont pas fonctionné pour un ancrage mnésique des paires de consonne-voyelle rencontrées.

Premier sujet d'étude

Expositions des données

Nous allons exposer ici ces performances détaillés, comme elles ont été présentées lors des descriptions minutieuses des protocoles mais disparus ensuite dans les différents tableaux de synthèse qui permettait d'accéder aux calculs statistiques sur l'ensemble des données.

Tableau 68 - synthèse de données (exp 2 et 3) du sujet LGC2AT -

Expérience 2															Expérience 3					
aides			réponses				aides			réponses				Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
29	6	0	385	35	46	11	25	9	12	598	46	52	6	LGC2AT	7	5	2,75	10,00	93,89	127,47
Détail de l'expérience 3																				
	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	KEPI	LIRE	RIME	LAME	POTO	SITE	PIPO	DCMI	LOTO	TAPE	MALE
CA	SU	Visu	100		RAME	MERA	Vis	13		RIRE	JUDC	Visua	69		PAPI	PAPE	Visua	15		
CA	DO	Visu	67		RAME	MERA	Vis	428		RIRE	GAGE	Visua	70		PAPI	PAPE	Visua	13		Expe 4
CA	PU	Visu	53		RAME	RAME	Vis	10		RIRE	KEPI	Visua	256		PAPI	PIPO	Visua	13		alne
CA	CA	Visu	131		RAME	RAME	Vis	71		RIRE	RIRE	Visua	72		PAPI	PIPO	Visua	51		dlne
CA	CA	Clic	1		RAME	MARE	Vis	114		RIRE	KEPI	Visua	79		PAPI	PAPE	Visua	220		dame
VA	SE	Visu	59		RAME	REMA	Vis	389		RIRE	KEPI	Clic	0		PAPI	PAPI	Visua	72		daaer
VA	VA	Visu	195		RAME	MERA	Vis	286		LIRE	LIRE	Visua	13		PAPI	PAPA	Visua	84		demi
VA	VA	Clic	1		RAME	REMA	Vis	316		LIRE	LIRE	Visua	233		PAPI	PAPI	Visua	129		mlle
DO	PU	Visu	65		RAME	MARE	Vis	56		LIRE	LIRE	Clic	1		PAPI	PAPA	Visua	19		lien
DO	NE	Visu	83		RAME	RAME	Vis	13		RIME	RIME	Visua	67		PAPI	PAPA	Visua	2		amem
DO	NU	Visu	8		RAME	RAME	Vis	106		RIME	RIVE	Visua	84		PAPI	PIPO	Visua	5		dame
DO	NU	Visu	52		RAME	MARE	Vis	290		RIME	RIDE	Visua	53		PAPI	PIPO	Visua	146		demi
DO	DO	Visu	181		RAME	REMA	Vis	167		RIME	RIRE	Visua	122		PAPI	PAPE	Visua	131		lire
DO	DO	Clic	1		RAME	MERA	Vis	121		RIME	RIDE	Visua	252		PAPI	PAPI	Visua	4		loto
BI	BI	Visu	139		RAME	REMA	Vis	428		RIME	RIVE	Visua	123		PAPI	PAPI	Visua	62		mare
BI	BI	Clic	1		RAME	MARE	Vis	254		RIME	RIVE	Visua	860		PAPI	PAPA	Visua	120		moto
RI	RI	Visu	151		RAME	RAME	Vis	5		RIME	RIME	Visua	270		PAPI	PIPO	Visua	420		pipe
RI	RE	Visu	14		RAME	RAME	Vis	7		RIME	RIRE	Visua	70		PAPI	PIPO	Clic	1		pire
RI	RO	Visu	44		RAME	RAME	Vis	529		RIME	RIDE	Visua	68		DEMI	DENI	Visua	113		mra
RI	RU	Visu	53		RAME	MERA	Vis	73		RIME	RIME	Visua	29		DEMI	DENI	Visua	17		rame
RI	RI	Visu	-9		RAME	REMA	Vis	262		RIME	RIME	Visua	198		DEMI	DCMI	Visua	267		lae
RI	RI	Clic	1		RAME	MERA	Vis	677		RIME	RIME	Clic	1		DEMI	DCMI	Clic	0		raer
PI	RI	Visu	133		RAME	REMA	Vis	83		MOTO	MOTO	Visua	203		TAPE	RAPE	Visua	120		rare
PI	RI	Clic	0		RAME	MARE	Vis	81		MOTO	LOTO	Visua	65		TAPE	SAPE	Visua	114		aslm
LA	LU	Visu	73		RAME	RAME	Vis	917		MOTO	POTO	Visua	56		TAPE	TAPE	Visua	4		laim
LA	LO	Visu	60		RAME	MARE	Vis	78		MOTO	SOLO	Visua	97		TAPE	TAPE	Visua	76		salm
LA	LA	Visu	176		RAME	MERA	Vis	588		MOTO	POTO	Visua	363		TAPE	LAPE	Visua	56		sale
LA	LA	Clic	1		RAME	MERA	Vis	8		MOTO	POTO	Clic	0		TAPE	TAPE	Visua	103		tire
NI	NI	Visu	33		RAME	MERA	Vis	22		PILE	RIVE	Visua	82		TAPE	TAPE	Clic	1		vase
NI	NI	Clic	1		RAME	MERA	Vis	507		PILE	PILE	Visua	142		MARE	MALE	Visua	159		vils
					RAME	RAME	Vis	125		PILE	SITE	Visua	47		MARE	MARE	Visua	75		vile
					RAME	MARE	Vis	19		PILE	RIDE	Visua	118		MARE	MALE	Visua	125		vise
					RAME	MARE	Vis	16		PILE	SITE	Visua	130		MARE	MALE	Clic	0		
					RAME	MARE	Vis	423		PILE	SITE	Visua	140							
					RAME	MARE	Clic	0		PILE	SITE	Clic	0							

Pour ce sujet, nous voyons que l'encodage des bigrammes sur le logiciel LECTUS comporte des erreurs mais aussi beaucoup de bonnes réponses, la majorité d'entre eux (35) ayant été trouvé. Les sollicitations d'aides bigrammes (29) ont l'air d'avoir joué un rôle. Les mots de quatre lettres ont, semble-t-il, profité de cette entrainement sur les bigrammes puisqu'il présente de meilleurs résultats avec 46 mots trouvés et 25 « aide bigrammes ». Sur l'expérimentation 3, le détail montre une bonne identification des bigrammes avec une seule erreur avec une proposition « RI » pour le son « PI » qui reste toutefois assez proche.

En revanche des hésitations apparaissent pour l'identification des mots de quatre lettres. Le mot RAME après de nombreuses navigations trouve une mauvaise réponse. Le mot POTO pour MOTO, SITE pour PILE, PIPO pour PAPI, DCMI pour DEMI montre que les mots ne sont pas pensés en bloc CV. Un son reconnu vient parasiter la reconnaissance et incite aux mauvaises réponses. Notamment la réponse DCMI pour DEMI vient confirmer que le travail statistique de proximité des différentes lettres n'a pas opéré, la suite DCM n'étant jamais présente dans les exercices. Nous allons nous intéresser aux configurations des sons DE et des sons son MI lors des entrainements. Les sons PO et MO, PA et PI, les sons MA et les LE. Pour mieux élucider les réponses de l'expérimentation 4, nous regarderons les configurations des exercices comportant les bigrammes MO, TO, RA, ME.

Analyse de la trame d'exercices

Nous obtenons pour les réponses comportant ces bigrammes, le tableau suivant :

Tableau 69 - validations comportant les bigrammes MO, TO, RA, ME -

mo

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	30	0	MO	NO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
################	2	30	1	MO	MO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	99	######	15
################	3	15	0	MOTO	MOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	45	######	33
################	3	15	0	MOTO	MOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	92	######	18
################	3	14	0	MODE	MODE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	77	######	18

to

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	27	0	TO	DO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	2	27	1	TO	TO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	63	######	25
################	3	15	0	MOTO	MOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	45	######	33
################	3	15	0	MOTO	MOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	92	######	18
################	3	8	0	LOTO	LOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	49	######	26

ra

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	3	0	RA	RA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	59	######	13
################	3	24	0	RAMI	RAMI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	98	######	11
################	3	25	0	RARE	RARE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	82	######	18
################	3	23	0	RAME	RAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	98	######	10
################	3	25	0	RARE	RARE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	-16	######	54

me

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	12	0	ME	ME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	99	######	3
################	3	5	0	LAME	LAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	65	######	35
################	3	0	0	DAME	MAME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-56		
################	3	0	0	DAME	DAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	74	######	15
################	3	31	0	ROME	ROMA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-61		
################	3	31	1	ROME	ROME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	6	######	101
################	3	23	0	RAME	RAME	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	98	######	10

Nous voyons que les bigrammes MO et TO trouve une bonne réponse au second essai. Toutefois ils sont bien assimilés pour la suite aux vues des bonnes réponses sur les mots MOTO, MODE, et LOTO. Les bigrammes RA et ME sont trouvés dès le premier essai. Le bigramme RA reste maitrisé dans les mots de quatre lettres avec RAMI, RAME, RARE mais le son ME trouve deux mauvaises réponses dans les exercices ROME et DAME.

Le mot RAME obtient le plus grand score puisqu'il est trouvé en 10 navigations seulement, soit le chemin minimum pour donner la bonne solution, alors qu'il est échoué sur les tests 3 et 4. On voit, dans le chronologie des aides sur le bigramme ME, que LAME et DAME semblent amorcer la réussite du mot RAME qui obtient 98 points,.

Pour étudier les données de cette partie, nous ne nous sommes pas intéressés au défilement par Bigrammes qui aurait pu apporter des informations sur la navigation et un impact possible sur les évaluations. Nous concentrons notre étude sur les aides bigrammes des mots ayant apparu comme problématique lors des évaluations. Pour les aides concernant ces différents bigrammes, ils ont été sollicités dans les conditions suivantes :

Tableau 70 - ensemble des aides contenant MO et TO du sujet LGC2AT -

mo

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
04/07/2017 13:49	2	27	1	TO	MO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-11,4		
04/07/2017 14:04	2	32	0	RO	MO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-22,4		
29/01/2018 14:40	3	14	0	MODE	NADA	Consulter Aide	Consigne		MODE	-6,6		
29/01/2018 14:40	3	14	0	MODE	NADA	Consulter Aide	Consigne		MODE	-12,6		
29/01/2018 14:40	3	14	0	MODE	NUDA	Consulter Aide	Consigne		MODE	-44,4		
29/01/2018 14:41	3	14	0	MODE	MEDA	Consulter Aide	Consigne		MODE	-57,6		
29/01/2018 14:41	3	14	0	MODE	MENA	Consulter Aide	Consigne		MODE	-64,2		
29/01/2018 14:44	3	15	0	MOTO	MODA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-7,4		
05/02/2018 14:19	3	35	0	SAPE	SAMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-45,2		
05/02/2018 14:28	3	0	0	DAME	MAMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-150		
05/02/2018 14:39	3	14	0	MODE	MODA	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-6		
05/02/2018 14:42	3	9	0	LOVE	MODA	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-12		
12/02/2018 14:33	3	15	0	MOTO	MODA	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-6,4		
12/02/2018 14:34	3	15	0	MOTO	MOMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-28,6		
05/03/2018 14:33	3	15	0	MOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-6		
05/03/2018 14:34	3	15	0	MOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-12		
03/05/2018 11:51	3	32	0	ROSE	MOSO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-46,6		
03/05/2018 11:52	3	14	0	MODE	MODA	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-6,4		

to

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
04/07/2017 13:49	2	27	1	TO	TO	Consulter Aide	Bigramme	TO	TO	-37,4		
29/01/2018 14:44	3	15	0	MOTO	MODA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-7,4		
05/02/2018 14:20	3	35	0	SAPE	SATO	Consulter Aide	Bigramme	TO	TO	-88,6		
12/02/2018 14:34	3	15	0	MOTO	MOTO	Consulter Aide	Bigramme	TO	TO	-54,6		
05/03/2018 14:33	3	15	0	MOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-6		
05/03/2018 14:34	3	15	0	MOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		MOTO	-12		
12/03/2018 14:39	3	37	1	SODA	TODA	Consulter Aide	Bigramme	TO	TO	-7		
03/05/2018 11:50	3	32	0	ROSE	TOSO	Consulter Aide	Bigramme	TO	TO	-25,8		
11/06/2018 14:35	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-6		
11/06/2018 14:35	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-12		
11/06/2018 14:35	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-18		
11/06/2018 14:36	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-24		
11/06/2018 14:36	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-30		
11/06/2018 14:36	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-36		
11/06/2018 14:36	3	8	0	LOTO	DADA	Consulter Aide	Consigne		LOTO	-42		

Ces éléments sont surtout sollicités pour des « aides consignes » et moins pour les aides bigrammes mais on peut les trouver pour MOTO, MODE DAME et SAPE pour les citant dans l'ordre ou ils s'éloignent de plus en plus de la solution. Pour mieux cibler nos éléments de recherche pour la suite, les listes étant souvent très longues, nous avons supprimé les éléments de « aide consigne » pour nous concentrer sur les aides bigrammes.

Tableau 71 - « aide bigramme » contenant RA et ME du sujet LGC2AT -

ra

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	3	0	RA	RA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-41		
################	2	22	0	TA	RA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-26		
################	2	22	1	TA	RA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-54		
################	3	0	0	DAME	NARA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-103		
################	3	6	4	LAVE	RAVA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-13,4		
################	3	6	1	LAVE	RAVA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-14,6		
################	3	39	4	TAPE	RAPE	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-43		
################	3	2	0	DEMI	RANI	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-58,8		
################	3	40	0	TARE	RADE	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-54,8		
################	3	40	1	TARE	RARE	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-48,2		
################	3	3	0	DUNE	RADA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-65		
################	3	25	0	RARE	RADA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-6		
################	3	40	0	TARE	TARA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-16,6		
################	3	40	0	TARE	TARA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-26,6		
################	3	25	0	RARE	RADA	Consulter Aide	Bigramme	RA	RA	-23,8		

me

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	2	0	TE	ME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-12,4		
################	2	0	1	RE	ME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-20,6		
################	3	14	0	MODE	MEDA	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-51,6		
################	3	35	0	SAPE	SAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-34,8		
################	3	0	0	DAME	MAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-140		
################	3	11	0	LYRE	MIME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-36,4		
################	3	0	0	DAME	DAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-29		
################	3	39	0	TAPE	DAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-33,6		
################	3	15	0	MOTO	MOME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-24,4		
################	3	1	0	DATE	MENY	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-13,2		
################	3	10	0	LUNE	DOME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-19,8		
################	3	2	0	DEMI	MEMI	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-51		
################	3	7	1	LIRE	LIME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-29,4		
################	3	31	1	ROME	ROME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-88,2		
################	3	39	0	TAPE	DAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-10,6		
################	3	39	2	TAPE	DAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-40,2		
################	3	39	4	TAPE	MAME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-16		
################	3	33	0	RUDE	MEDA	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-17		
################	3	14	0	MODE	MOME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-12,4		
################	3	44	1	VIDE	VIME	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-24,4		
################	3	3	2	DUNE	MENU	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-24,4		
################	3	3	2	DUNE	MENU	Consulter Aide	Bigramme	ME	ME	-29,4		

Les sollicitations sont plus ciblées, on voit ici les confusions avec RE et le son [ar] de TARE. Pour le son ME, les choses semblent beaucoup plus floues. En effet, il est difficile de déterminer une confusion car il intervient dans de trop nombreuses situations éloignées de sa sonorité. Les scores indiquant de la difficulté dans la recherche des solutions.

Tableau 72 - « aides bigramme » contenant PA, PI, LE, MA du sujet LGC2AT -

pa

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	26	2	PA	PA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-24,2		
################	2	3	0	RA	PA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-29,8		
################	2	28	0	DA	PA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-15,8		
################	2	22	0	TA	PA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-20,8		
################	2	22	1	TA	PA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-48,8		
################	3	19	0	PAPI	PAPI	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-29,4		
################	3	0	0	DAME	NAPA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-98,2		
################	3	6	4	LAVE	PAVA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-7,8		
################	3	37	0	SODA	SOPA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-23,4		
################	3	39	4	TAPE	PAPE	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-37,8		
################	3	39	5	TAPE	PADA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-12,2		
################	3	2	0	DEMI	PANI	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-53,6		
################	3	40	0	TARE	PADE	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-49,6		
################	3	40	1	TARE	PARE	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-43		
################	3	18	0	PAPA	PADA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-6,2		
################	3	18	0	PAPA	PAPA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-12,6		
################	3	3	0	DUNE	PADA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-59,8		
################	3	25	0	RARE	RAPA	Consulter Aide	Bigramme	PA	PA	-16,8		

pi

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	36	0	LU	PI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-16,6		
################	2	10	0	RI	PI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-21,2		
################	2	29	1	DI	PI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-29,2		
################	2	7	2	TI	PI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-27		
################	2	7	3	TI	PI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-11,2		
################	3	0	0	DAME	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-53,4		
################	3	0	0	DAME	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-58,4		
################	3	0	0	DAME	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-63,4		
################	3	0	0	DAME	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-68,4		
################	3	19	0	PAPI	MAPI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-14		
################	3	26	0	RIDE	PILE	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-56,2		
################	3	44	2	VIDE	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-24,8		
################	3	44	2	VIDE	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-61,6		
################	3	21	0	PIPE	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-32		
################	3	20	0	PILE	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-35		

le

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	2	0	TE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-7,2		
################	2	2	0	TE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-55,4		
################	2	2	1	TE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-5,8		
################	2	15	1	PE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-5,4		
################	2	0	0	RE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-58,8		
################	2	34	3	MU	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-15,4		
################	2	5	0	LE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-10,4		
################	2	0	0	RE	LE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-63		
################	3	35	1	SAPE	SALE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-6,6		
################	3	9	0	LOVE	LEMY	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-58,6		
################	3	11	0	LYRE	MILE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-31,2		
################	3	39	0	TAPE	DALE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-28,4		
################	3	15	0	MOTO	MOLE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-19,2		
################	3	15	0	MOTO	MOLE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-6,4		
################	3	1	0	DATE	LENY	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-8		
################	3	2	0	DEMI	LEMI	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-45,8		
################	3	2	0	DEMI	LEMI	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-95,6		
################	3	7	1	LIRE	LILE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-24,2		
################	3	39	0	TAPE	DALE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-5,4		
################	3	39	3	TAPE	DALE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-11,8		
################	3	33	0	RUDE	LEDA	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-11,8		
################	3	2	0	DEMI	LENI	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-149		
################	3	2	1	DEMI	LENI	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-11,4		
################	3	26	0	RIDE	DILE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-35,4		
################	3	14	0	MODE	MOLE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-17,6		
################	3	44	1	VIDE	VILE	Consulter Aide	Bigramme	LE	LE	-19,2		

ma

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	26	2	PA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-13,8		
################	2	11	0	MA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-5,8		
################	2	3	0	RA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-16,4		
################	2	28	0	DA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-5,4		
################	2	22	0	TA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-10,4		
################	2	22	1	TA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-16,4		
################	2	22	1	TA	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-27,2		
################	2	7	4	TI	MA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-5,4		
################	3	35	0	SAPE	SAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-29,6		
################	3	35	0	SAPE	SAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-60,8		
################	3	5	0	LAME	MADA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-5,8		
################	3	19	0	PAPI	MAPI	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-19		
################	3	0	0	DAME	NAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-72,4		
################	3	0	0	DAME	DAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-23,4		
################	3	15	0	MOTO	MOMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-17,2		
################	3	37	0	SODA	SOMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-13		
################	3	37	1	SODA	SOMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-23		
################	3	37	1	SODA	SOMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-33,4		
################	3	1	0	DATE	DAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-20		
################	3	39	2	TAPE	DAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-10,4		
################	3	2	0	DEMI	MANI	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-43,2		
################	3	40	0	TARE	MADE	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-39,2		
################	3	40	1	TARE	MARE	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-32,6		
################	3	3	0	DUNE	MADA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-48,4		
################	3	4	0	LAMA	LAMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-8,6		
################	3	3	0	DUNE	TUMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-122		
################	3	45	0	VISE	SIMA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-29,8		
################	3	44	0	VIDE	MADA	Consulter Aide	Bigramme	MA	MA	-10,4		

Ces tableaux ont ciblé les données d'utilisations des aides bigrammes PA, PI, MA, LE sur lesquels le sujet a rencontré des difficultés. Le bigramme PI n'interdit que 3 fois sur 15 pour une bonne recherche. Le son PA également est incertain même s'il arrive à bon escient par trois fois sur PAPA et PAPI qui va être retrouvé avec un score très moyen. Nous voyons donc que l'intervention de cette aide n'a pas pu consolider la solution pourtant facile de PAPI qui avait été récupéré par aide à l'entrainement. Le son MA ne trouve qu'une bonne opportunité avec LAMA. Nous allons étudier désormais les différents exercices réussis avec succès qui ont sollicités ces bigrammes :

Tableau 73 - données « validation » pour PA, PI, LE, MA du sujet LGC2AT -

pi

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
###############	2	16	0	PI	DI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-72		
###############	2	16	1	PI	MI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-47		
###############	2	16	2	PI	DI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-22		
###############	2	16	3	PI	LI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	16	4	PI	MI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	16	5	PI	NI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	16	6	PI	PI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	99	######	110
###############	3	19	0	PAPI	PAPI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	64	######	54
###############	3	20	0	PILE	LITE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-113		
###############	3	20	1	PILE	PILE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	75	######	57
###############	3	21	0	PIPE	PIPE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	67	######	42
###############	3	20	0	PILE	PILE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	58	######	33

le

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
###############	2	5	0	LE	RE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-51		
###############	2	5	1	LE	ME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	5	2	LE	NE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	5	3	LE	LE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	99	######	31
###############	3	34	0	SALE	SALE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	92	######	9
###############	3	20	0	PILE	LITE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-113		
###############	3	20	1	PILE	PILE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	75	######	57
###############	3	47	0	VOLE	VOLE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	94	######	28
###############	3	20	0	PILE	PILE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	58	######	33

pa

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
###############	2	26	0	PA	TA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
###############	2	26	1	PA	LA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
###############	2	26	2	PA	PA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	76	######	23
###############	3	19	0	PAPI	PAPI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	64	######	54
###############	3	18	0	PAPA	PAPA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	87	######	15

ma

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
###############	2	11	0	MA	MA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	94	######	5
###############	3	4	0	LAMA	LAMA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	86	######	6
###############	3	4	0	LAMA	LAMA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	99	######	5

Nous pouvons observer sur nos données que le mot PAPI a été retrouvé avec un score plus honorable sur une autre tentative que celle de l'aide bigramme ainsi que le mot PAPA. Ce qui n'a pas été consolidé. En revanche le mot MALE ne faisait pas partie de exercices de cette version et peut expliquer son échec malgré les bons résultats à l'entrainement pour MA et LAMA. En résumant l'ensemble de ces observations on peut voir que la lettre M représente quatre des cinq erreurs pour ce sujet.

Second sujet d'étude

Exposition des données

Le second sujet choisi est LGC3CH pour les raisons exposées ci-dessus. Les résultats montrent en effet de graves difficultés dans la recherche de mots proposés dans l'expérience 3. Certains ont pu être retrouvé sans trop d'essai ni de visualisation mais d'autres semblent

parfaitement obscurs et les propositions ne possèdent ni le nombre de lettre, ni les bonnes lettres, ni les sons voisins. Nous présentons dans le tableau suivant les données du sujet :

Tableau 74 - ensemble des expériences du sujet LGC3CH -

Expérience 2															Expérience 3					
aides			réponses				aides			réponses				Sujets	NB Ex réussi		moy Nb visu		Moy Tps visu	
BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	BR3	MR3		big	4lettre	big	4lettre	big	4lettres
756	163	504	2883	135		347	558	100	103	1735	17		72	LGC3CH	3	5	3,50	3,17	416,26	533,60

Détail de l'expérience 3																				
	SU	TA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	JUDO	MINE	RIME	LAME	POTO	PILE	PAPA	DOMI	LOTO	LAPE	RAME
CA	CA	Visu	210	RI	RO	Visual	184	RIRE	JUDO	Visual	214	PAPI	PAPI	Visuali:	486		Expérience 4			
CA	PU	Visu	137	RI	RE	Visual	599	RIRE	JUDO	Clic	0	PAPI	PAPA	Visuali:	244		ddma	olto	mat	ateyg
CA	SU	Visu	130	RI	RU	Visual	996	LIRE	LIRE	Visual	97	PAPI	PAPI	Visuali:	958		dame	oltom	matre	arei
CA	DO	Visu	148	RI	RE	Visual	517	LIRE	MIRE	Visual	96	PAPI	PAPA	Visuali:	478		daem	moto	terma	tare
CA	DO	Visu	28	PI	PI	Visual	456	LIRE	MINE	Visual	106	PAPI	PAPA	Clic	0		daemi	pie	mater	tiare
CA	DO	Visu	578	PI	PI	Visual	383	LIRE	VIDE	Visual	105	DEMI	DEMI	Visuali:	130		daei	piepi	ratme	tarie
CA	SU	Visu	148	LA	LO	Visual	3	LIRE	MINE	Visual	243	DEMI	DCMI	Visuali:	86		daeim	piep	rate	tiare
CA	CA	Visu	108	LA	LA	Visual	361	LIRE	MINE	Clic	0	DEMI	DOMI	Visuali:	847		daemt	peip	ratem	tire
CA	PU	Visu	151	LA	LA	Visual	552	RIME	RIDE	Visual	14	DEMI	DOMI	Visuali:	11		demi	piep	ramte	aal
CA	SU	Visu	111	LA	LA	Clic	1	RIME	RIDE	Visual	175	DEMI	DOMI	Visuali:	127		rei	pie	rame	vsae
CA	DO	Visu	92	NI	MI	Visual	254	RIME	RIRE	Visual	172	DEMI	DOMI	Clic	0		reil	piep	rmat	vase
CA	SU	Visu	218	NI	NU	Visual	100	RIME	RIRE	Visual	395	LOTO	LOTO	Visuali:	556		lrei	riae	rmar	sle
CA	SU	Clic	0	NI	MI	Visual	254	RIME	RIME	Visual	331	LOTO	LOTO	Visuali:	425		lreii	riaeo	rmr	vsi
VA	TA	Visu	353	NI	MI	Clic	0	RIME	RIME	Clic	1	LOTO	LOTO	Clic	1		lire	preia	rmre	vies
VA	TA	Clic	0	RAM	RAME	Visual	619	LAME	LAME	Visual	580	TAPE	SAPE	Visuali:	104		too	pri	rare	vsie
DO	NU	Visu	94	RAM	RAME	Visual	833	LAME	LAME	Clic	1	TAPE	TAPE	Visuali:	116		tool	prie	las	vise
DO	DO	Visu	1282	RAM	MERA	Visual	14	MOTC	POTO	Visual	1488	TAPE	LAPE	Visuali:	918		tolo	prier	lase	
DO	DO	Clic	1	RAM	MERA	Visual	469	MOTC	POTO	Clic	0	TAPE	LAPE	Clic	0		loto	priere	lsae	
BI	BI	Visu	616	RAM	RAME	Visual	678	PILE	RIVE	Visual	11	MARE	RAME	Visuali:	###		mate	priere	slae	
BI	BI	Clic	1	RAM	RAME	Visual	20	PILE	PILE	Visual	1020	MARE	RAME	Clic	0		mater	pire	sale	
				RAM	RAME	Visual	236	PILE	PILE	Visual	181						mare			
				RAM	RAME	Clic	1	PILE	PILE	Clic	1									

Pour ce sujet, nous voyons que l'encodage des bigrammes sur le logiciel LECTUS a très largement sollicités les aides bigrammes et les « aides consignes » sur les exercices bigrammes et mot de quatre lettres. Ces données montrent un bon comportement sur l'utilisation du logiciel ; l'utilisateur écoute la consigne et la compare de manière continue à l'ensemble des sons qu'il propose pour les modifier jusqu'à obtenir selon lui la bonne réponse. Le son des lettres a aussi été fortement sollicité.

Le grand nombre de mauvaise réponse (347) montre de grave difficultés mais également un grand un nombre d'essai et le grand nombre de réussite (135) montre que tous les bigrammes ont été réussis au moins trois fois et que le sujet a persévéré longtemps dans ce domaine avant de passer au quatre lettres. Un certain nombre de sujets préfèrent en effet refaire les exercices où ils ont des chances de réussir plutôt que de faire les exercices où ils rencontrent beaucoup de difficultés, notamment lors du passage de bigramme à quatre lettres.

On voit également que les navigations passent de 2883 à 1835 pour les exercices de quatre lettres pour des résultats qui passent de 135 à 17 bonnes réponses. L'utilisation reste pourtant la même avec un fort taux d'aide bigrammes et d'aide consignes. Sur les expériences 3 et 4 que les mots comportant les sons M sont bien reconnus tandis que les sons R sont souvent déficitaires. Sur les résultats de l'expérience 3 nous pouvons noter beaucoup d'erreur en dehors de RAME, RIME et PILE.

Si nous laissons de côté les erreurs sur les évaluations de bigrammes pour nous concentrer sur les erreurs commises sur les évaluations de mots de quatre lettres nous pouvons noter les erreurs sur le mot LIRE, le MO de MOTO, le PI pour PA, le DE pour DO, le TA pour LA sur les mots PAPI, DEMI, TAPE.

Analyse des occurrences d' « aides bigrammes »

Comme nous l'avons vu dans les données de synthèse, le sujet fait partie des éléments ayant le plus souvent sollicité les différentes aides du logiciel. Pour les présenter de manière pertinente, nous avons restreint leur présentation dans le mesure du possible. Nous n'avons donc pas pris en compte les « aides consignes ».

Tableau 75 - « aides bigrammes » comportant les MO, RE, LI du sujet LGC3CH -

mo

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
06/11/2017 14:43	2	27	2	TO	MO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-6		
05/02/2018 14:31	3	17	2	NANA	MOLE	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-34		
05/02/2018 14:40	3	39	3	TAPE	NAMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-21,6		
05/02/2018 14:40	3	39	3	TAPE	NOMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-27,2		
05/02/2018 14:42	3	16	1	MURE	RYMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-53,2		
19/03/2018 14:21	3	0	0	DAME	DOMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-87,4		
26/03/2018 14:22	3	16	0	MURE	MOTO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-59,4		
26/03/2018 14:36	3	37	0	SODA	MORO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-28		
26/03/2018 14:40	3	37	5	SODA	DEMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-23		
26/03/2018 14:40	3	37	5	SODA	DEMO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-64,6		
09/04/2018 14:31	3	15	0	MOTO	MONO	Consulter Aide	Bigramme	MO	MO	-33,6		

re

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	1	0	DE	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-43,4		
################	2	3	1	RA	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-15,4		
################	2	18	0	VE	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-12,2		
################	2	9	2	NE	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-6,8		
################	2	5	0	LE	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-26,2		
################	2	42	1	LI	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-36,8		
################	2	14	6	VI	RE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-12		
################	3	40	0	TARE	RETO	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-35,6		
################	3	40	2	TARE	RESO	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-25		
################	3	25	0	RARE	RARE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-26		
################	3	29	4	RITE	RIRE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-67		
################	3	29	4	RITE	RIRE	Consulter Aide	Bigramme	RE	RE	-77,4		

li

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	20	2	SI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-12		
################	2	7	11	TI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-86,8		
################	2	4	7	LI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-11,6		
################	2	27	1	TO	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-11		
################	2	27	1	TO	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-17,6		
################	2	20	3	SI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-5,6		
################	3	17	1	NANA	LELI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-50,8		
################	2	4	0	LI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-10,6		
################	2	6	2	MI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-32,2		
################	2	6	5	MI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-10,6		
################	2	42	4	LI	LI	Consulter Aide	Bigramme	LI	LI	-16,6		

Nous observons quant à l'utilisation du bigramme MO que sa représentation semble défectueuse et que le nombre de visualisation/écoute ne semble pas opérer. L'aide bigramme RE est mieux utilisé avec un lettre commune sur le mot recherché dans le cas des exercices bigrammes. Le sujet semble avoir reconnu un des deux éléments du son et s'y fixer pour trouver la solution. En revanche, pour les exercices de quatre lettres le bigramme est placé du mauvais côté pour les deux premières sollicitations mais semble utilisé dans une voie de bonne solution pour les trois derniers. Le bigramme LI semblent poser des difficultés, sollicités quasi exclusivement pour les exercices bigrammes, il apparait trois fois à l'affichage sur le bon exercice. Les données sur les succès d'exercices de ce bigrammes nous permettront de savoir si l'aide a permis de retrouver ce bigramme dans ces exercices.

Pour simplifier encore la lecture des données massives du sujet, nous avons supprimer les aides bigrammes qui concernaient les recherches de bigrammes dans les exercices pour nous concentrer sur les mots de quatre lettres qui sont les exercices d'évaluation qui ont été retenus pour notre étude. Nous avons également supprimé les doublons, c'est-à-dire lorsqu'une aide est sollicitée plusieurs fois (souvent de suite) pour une même proposition dans un même exercice.

Tableau 76 - « aides bigrammes » comportant les PI, DE, TA du sujet LGC3CH -

pi

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
05/02/2018 14:39	3	39	2	TAPE	PYPI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-16		
26/03/2018 14:42	3	26	0	RIDE	PIDI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-30,2		
26/03/2018 14:42	3	26	0	RIDE	PIDI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-40,6		
30/04/2018 14:40	3	26	5	RIDE	RAPI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-28,4		
30/04/2018 14:40	3	26	5	RIDE	RIPI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-60		
30/04/2018 14:41	3	26	6	RIDE	PIDA	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-11,2		
04/06/2018 14:29	3	29	0	RITE	DAPI	Consulter Aide	Bigramme	PI	PI	-7,6		

de

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
12/02/2018 14:23	3	6	2	LAVE	DEDE	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-10,4		
12/02/2018 14:23	3	6	2	LAVE	DEDE	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-15,4		
19/03/2018 14:23	3	0	1	DAME	DEMA	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-42,4		
26/03/2018 14:16	3	1	0	DATE	DEDA	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-25,2		
26/03/2018 14:39	3	37	4	SODA	DODE	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-6,2		
26/03/2018 14:40	3	37	5	SODA	DEMO	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-28		
26/03/2018 14:40	3	37	5	SODA	DENO	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-33,2		
09/04/2018 14:32	3	40	0	TARE	DETO	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-17,6		
04/06/2018 14:24	3	35	1	SAPE	SADE	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-59,6		
04/06/2018 14:33	3	29	2	RITE	RYDE	Consulter Aide	Bigramme	DE	DE	-48,4		

ta

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
12/02/2018 14:22	3	6	1	LAVE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-16,8		
12/02/2018 14:22	3	6	1	LAVE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-58,6		
05/03/2018 14:45	3	6	0	LAVE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-11,8		
05/03/2018 14:45	3	6	0	LAVE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-16,8		
19/03/2018 14:26	3	0	4	DAME	TAME	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-44,8		
19/03/2018 14:26	3	0	4	DAME	TAMI	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-55		
19/03/2018 14:26	3	0	4	DAME	TAMO	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-60,2		
19/03/2018 14:27	3	0	4	DAME	TAME	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-70,6		
26/03/2018 14:18	3	1	0	DATE	MATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-119,6		
26/03/2018 14:21	3	16	0	MURE	VATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-21		
26/03/2018 14:21	3	16	0	MURE	TATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-26,2		
26/03/2018 14:23	3	17	0	NANA	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-5,4		
26/03/2018 14:25	3	17	0	NANA	TAVA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-120,6		
26/03/2018 14:30	3	17	0	NANA	NATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-362,2		
26/03/2018 14:31	3	1	0	DATE	TAMA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-10,8		
26/03/2018 14:32	3	1	1	DATE	DATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-37,8		
26/03/2018 14:33	3	1	2	DATE	TATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-6,2		
26/03/2018 14:33	3	1	2	DATE	TATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-11,2		
26/03/2018 14:38	3	37	2	SODA	DATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-34,4		
14/05/2018 14:35	3	1	0	DATE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-76,4		
14/05/2018 14:35	3	1	0	DATE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-81,4		
14/05/2018 14:35	3	1	0	DATE	TADA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-86,4		
14/05/2018 14:39	3	1	0	DATE	DATA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-140,6		
04/06/2018 14:32	3	29	2	RITE	RYTA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-23,2		
04/06/2018 14:35	3	29	4	RITE	RITA	Consulter Aide	Bigramme	TA	TA	-17,6		

On peut encore observer pour les deux première aides PI et DE, assez peu de relation entre les mots recherché et l'utilisation des aides. Il existe également une large confusion des sons sur les consonnes sur les données du bigrammes TA. Toutefois, on note une progression dans son utilisation. Sur ces derniers bigrammes, nous avons supprimé un grand nombre de doublons puisqu'ils comportent plus d'une centaine de ligne.

Analyse des occurrences succès des bigrammes.

La lecture de ces données va donner quelques éclairages sur les utilisations d'aides et surtout le parcours de l'élève sur les bigrammes qui ont présenté des difficultés lors des tests d'évaluation. Nous observons que le premier de ces termes MOTO a été précédé d'une session laborieuse sur le bigramme MO en une dizaine d'essai. Toutefois le mot MOTO est trouvé dès le premier essai lors des entrainements LECTUS avec un score qui indique deux ou trois utilisations d'aides au plus. Ces données pourraient donc laisser croire qu'à ce stade de l'apprentissage le mot était acquis.

Tableau 77 - « réponses » comportant les MO, RI, RE, LI du sujet LGC3CH -

mo

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
07/07/2017 09:29	2	30	0	MO	VO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-57		
20/11/2017 14:25	2	30	0	MO	DO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-24		
20/11/2017 14:25	2	30	1	MO	VO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
20/11/2017 14:25	2	30	2	MO	RO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
20/11/2017 14:26	2	30	3	MO	NO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
20/11/2017 14:26	2	30	4	MO	PO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-22		
20/11/2017 14:26	2	30	5	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
27/11/2017 14:41	2	30	0	MO	VO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
27/11/2017 14:41	2	30	1	MO	VO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
27/11/2017 14:42	2	30	2	MO	TO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
27/11/2017 14:42	2	30	3	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
27/11/2017 14:42	2	30	4	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
27/11/2017 14:42	2	30	5	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
27/11/2017 14:42	2	30	6	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
27/11/2017 14:42	2	30	7	MO	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-23		
27/11/2017 14:42	2	30	8	MO	TO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
27/11/2017 14:43	2	30	9	MO	RO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-21		
27/11/2017 14:43	2	30	10	MO	MO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	98	0:00:00	56
09/04/2018 14:28	3	14	0	MODE	MEME	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-46		
09/04/2018 14:32	3	15	0	MOTO	MOTO	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	60	0:00:00	36

ri

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
############	2	10	0	RI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-28		
############	2	10	1	RI	PU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-46		
############	2	10	0	RI	TI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-27		
############	2	10	1	RI	RI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	93	#####	19
############	3	27	0	RIPE	RIPE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	79	#####	27
############	3	30	0	RIVE	RIVA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-44		
############	3	30	1	RIVE	RIVE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	59	#####	60
############	3	26	0	RIDE	RIDI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-66		
############	3	26	0	RIDE	NAPO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-25		
############	3	26	1	RIDE	RYDO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-25		
############	3	26	2	RIDE	DAPA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-42		
############	3	26	3	RIDE	DORA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-22		
############	3	26	4	RIDE	LOLA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-44		
############	3	26	5	RIDE	RIPA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-91		
############	3	26	6	RIDE	RIRI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-48		
############	3	29	0	RITE	RYPY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-65		
############	3	29	1	RITE	RYDY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-60		
############	3	29	2	RITE	RYDI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-74		
############	3	29	3	RITE	RYTI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-78		
############	3	29	4	RITE	RYTY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-157		

re

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
############	2	0	0	RE	RA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-24		
############	2	0	0	RE	RA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-32		
############	2	0	1	RE	RE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	90	#####	26
############	4	29	0	SATURE	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-35		
############	3	40	0	TARE	RESA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-74		
############	2	0	0	RE	RO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-33		
############	2	0	4	RE	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-20		
############	2	0	5	RE	RE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	92	#####	32
############	3	16	0	MURE	RURI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-51		
############	3	16	1	MURE	RYRY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-84		
############	3	40	0	TARE	RATO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-72		
############	3	40	1	TARE	DADU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-31		
############	3	40	2	TARE	RESO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse	Mauvaise réponse	-45		
############	3	25	0	RARE	RARE	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	69	#####	20

li

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	7	0	0	VOLATILISDRD	DADADADAVVDD	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-35		
################	7	0	1	VOLATILISDRD	DAVYTYVYVVDD	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-54		
################	2	4	0	LI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-46		
################	2	4	1	LI	PU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-27		
################	2	4	0	LI	RI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-48		
################	2	4	1	LI	RU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-36		
################	2	4	2	LI	VU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-59		
################	2	4	3	LI	DY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-33		
################	2	4	4	LI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-81		
################	2	4	5	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	2765		
################	2	4	5	LI	MI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	2745		
################	2	4	6	LI	LA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	4	7	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	88		
################	2	4	7	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	188		
################	2	4	7	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	288		
################	2	4	7	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	388	######	174
################	2	4	0	LI	DU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-68		
################	2	42	0	LI	DY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-85		
################	2	42	1	LI	DY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	2	42	2	LI	RY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-52		
################	2	42	3	LI	SI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-88		
################	2	42	4	LI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	42	5	LI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	4	0	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	89	######	5
################	2	42	0	LI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-39		
################	2	42	1	LI	RI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-62		
################	2	42	0	LI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-70		
################	2	42	1	LI	NI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-31		
################	2	42	2	LI	TU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-80		
################	2	42	3	LI	NI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-78		
################	2	42	4	LI	LI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	83	######	94

Le bigramme RI semble montrer une légère progression au fil des exercices. Les propositions se rapprochant toujours plus de la solution. Toutefois le nombre de bonnes réponses reste faible et l'obtention du même son avec la lettre Y dans le bigramme RY vient apporter un peu de confusion supplémentaire. Les autres sons ne semblent pas trouver de réussite non plus en dehors du son LI mais qui n'est pas trouvé de réponses positives sur les mots de quatre lettres, ce qui laisse envisager un échec sur le mot POLI

mi

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	4	1	0	DOMINO	ROMENU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-119		
################	4	1	1	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	4	1	2	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	4	1	3	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	4	1	4	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-66		
################	4	1	5	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-35		
################	4	1	6	DOMINO	DADADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-23		
################	2	6	0	MI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-22		
################	2	6	1	MI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	6	2	MI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	6	3	MI	DI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-23		
################	2	6	4	MI	TI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	2	6	5	MI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-22		
################	2	6	0	MI	PU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-37		
################	2	6	1	MI	LY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-36		
################	2	6	2	MI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	6	3	MI	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	6	0	MI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-53		
################	2	6	1	MI	PY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	2	6	2	MI	NI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-63		
################	2	6	3	MI	PI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-38		
################	2	6	4	MI	PY	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-54		
################	2	6	5	MI	MI	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	84	######	90
################	3	48	0	VOMI	PELI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-32		
################	3	48	1	VOMI	DALI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	3	2	0	DEMI	LILE	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-52		

ta

Temps	Niveau	N° Exercice	Nombre d'essais	Solution	Affichage	Action	Type d'aide	Valeur Action	Valeur Action 2	Points	Durée	Nb d'actions
################	2	22	0	TA	PA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-27		
################	2	22	1	TA	MA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-26		
################	2	22	2	TA	SI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-27		
################	2	22	3	TA	NA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-28		
################	2	22	4	TA	DA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-20		
################	2	22	5	TA	PA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-27		
################	2	22	6	TA	LI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-27		
################	2	22	7	TA	TA	Valider	Sans aide	Bonne réponse !	Bonne réponse !	93	######	67
################	3	40	0	TARE	RESA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-74		
################	3	39	0	TAPE	LEMA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-71		
################	3	39	1	TAPE	PADA	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-29		
################	3	39	2	TAPE	PYPI	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-41		
################	3	39	3	TAPE	NOMO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-52		
################	3	40	0	TARE	RATO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-72		
################	3	40	1	TARE	DADU	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-31		
################	3	40	2	TARE	RESO	Valider	Sans aide	Mauvaise réponse !	Mauvaise réponse !	-45		

Ces dernières données sont riches d'enseignements. On y trouve le premier exemple d'exercice à six lettres. La proposition ROMENU pour l'exercice DOMINO laisse percevoir la confusion de perception des sons et sa traduction en lettre. La confusion sur la suite entre MI et PI deux phonèmes identiques par leur caractéristique bilabiale peut permettre l'hypothèse d'une représentation qui passe également par des critères articulatoires sélectif et discriminant laissant mélanger des sons qui reste parfois assez éloignés sur le plan de la sonorité.

La trame du bigramme TA est aussi instructive en appuyant les difficultés affichées par sept essais pour le bigramme et aucune bonne réponse sur le mot TARE après huit propositions. Cette persévérance contraste avec les essais sur les mots de six lettres qui abandonnent la stratégie payante de l'utilisation des aides appliquée jusque-là. L'ensemble de l'analyse du parcours sur LECTUS permet de dégager différentes hypothèses sur les difficultés rencontrées par le sujet.

Discussion

Restitution des données révélatrices d'obstacles pour les élèves d'IME où la progression ne s'automatise pas. et ne permet pas la reconnaissance des mots hors « aide logiciel ». L'ensemble des études a permis de dégager différentes types de difficultés rencontrées par le sujet. Distinctions significatives entre les groupes. Les valeurs statistiques n'indiquent pas de corrélation entre les mauvaises réponses des bigrammes du mot et les scores pour l'écriture de mots. Aussi, l'ensemble des entrainements effectués n'a pas permis un ancrage mnésique des paires de consonne-voyelle rencontrées. Synthèse des calculs statistique : Cette manipulation complexe nous a permis de revenir sur des points précis des résultats du test 3 et de tenter de comprendre la construction des apprentissages grâce à l'appréhension par calcul du nombre total de N-grammes vus et entendus pour arriver à une automatisation

Observation sur la restitution

Des données Révélatrices d'obstacles

On observe que le logiciel d'entrainement, par son cadre permet une progression pour la grande majorité des sujets d'IME et pour la totalité des sujets de milieu ordinaire. Hélas, pour une partie des élèves d'IME cette progression ne peut s'automatiser correctement et ne permet pas la reconnaissance de ces mots hors contexte et hors « aide logiciel ». Nous avons vu également que pour la restitution, le début du passage à l'écriture les résultats sont très satisfaisants pour les sujets de milieu ordinaire mais très passable pour les sujets d'IME.

L'ensemble des études a permis de dégager différents types de difficultés rencontrés par le sujet lors des évaluations qui n'apparaissaient pas lors des entrainements. Parmi, ces différents obstacles, on pourrait mentionner des problèmes de perception acoustique, de discrimination syllabique, de conscience phonémique, de structuration et de mémoire.

Distinctions significatives entre les groupes

Nous avons vu dans cette expérience que les valeurs de corrélation n'indiquent pas de corrélation entre les mauvaises réponses des bigrammes du mot et les scores des évaluations pour l'écriture de mots. Nous avons vu également qu'il n'y a pas de lien entre les résultats d'entrainement et les évaluations de ces dernières pour les sujets de milieu spécialisé. On aurait pu s'attendre à avoir une forte corrélation entre les scores qui composent les bigrammes du mot et le mot. Aussi, l'ensemble des entrainements effectués n'a pas permis à ce stade un ancrage mnésique des paires de consonne-voyelle rencontrées.

Les mots ne sont pas pensés en bloc d'unité pour les sujets d'IME mais semblent plutôt se rattacher à une multitude d'indices éparpillés dans la sphère de perception et de compréhension. Un son reconnu vient parfois parasiter la reconnaissance et incite aux mauvaises réponses.

A la lecture de nos données, les bons comportements sur l'utilisation du logiciel sont plutôt chez les sujets IME qui sollicitent l'ensemble des outils pour parvenir à la solution. Les sujets MO préférant compter sur leurs acquis et proposer une mauvaise réponse plutôt que d'utiliser les outils d'ergonomie (cognitive). Notamment, les données du groupe B des sujets MO montrent une grande pauvreté sur l'utilisation de ces outils-logiciels.

Synthèse des calculs statistique :

Manipulations complexes

Cette manipulation nous a permis de revenir sur des points précis des résultats du test 3 et de tenter de comprendre la construction des apprentissages, grâce à l'appréhension par calcul du nombre total de N-grammes vus et entendus pour arriver à une automatisation du déchiffrage, dans le cadre du corpus de mot de l'expérience ou d'un mot précis. Pour cela un large travail de traitement des données a été nécessaire, et les outils informatiques ont permis une réalisation qui n'aurait pas été possible sans traitement numérique.

Les variables qui sont mesurées par le logiciel sont : les temps de réponse, le nombre d'aides, le type d'aide, le nombre d'erreurs effectuées par l'utilisateur, le type des erreurs. Nous effectuerons également une analyse des types de séquences : journalières, éparpillées, concentrées, régulières, etc.

Proposer un calcul des indices statistiques pour voir s'ils sont faibles et non significatifs aux seuils habituels pour ces deux sujets.

Partie 4 - Discussion générale

Nos hypothèses à l'épreuve

Vérification des hypothèses

Les différents type de profils

Nous avons testé près de 200 sujets lors de notre étude dont 30% issus de milieu ordinaire et 70% de milieu spécialisé. Sur notre corpus de départ, nous avons eu près de 20% de perte sur les premiers tandis que nous enregistrions plus de 50% de perte sur les seconds. les pertes étant dû pour la majeure partie au fait de ne pas avoir assez de données pour les exploiter, soit que le sujet n'ait pas été assez avancé dans le logiciel pour tester nos hypothèses, soit que l'utilisation ou la récupération des données aient posé des problèmes pour un petit nombre d'individu, soit que les sujets aient changés d'établissement avant lma fin du protocole.

Les élèves plus instables du milieu spécialisé rendaient les tests et l'analyse par comparaison assez aléatoires nécessitant des données plus importantes et des temps de passations plus longs. Les pathologies du public concerné présentant des carences de mémoire, de logique, de concentration, d'inhibition il est devenu difficile de cibler précisément des mesures pertinentes. C'est pourquoi notre dispositif tentait d'englober un maximum de circonstances dans ses données. Ces contingences sont souvent venues perturber la possibilité d'un processus d'évaluation qui soit parfaitement critique.

Il est important de dégager, dans la limite du possible, des éléments de comparaison qui soient catégorisant ainsi que des observations reproductibles dégageant les parcours de sujets typiques et représentatifs. L'idéal étant de pouvoir distinguer des profils d'apprentissage en fonction des pathologies ou de difficultés d'apprentissage et d'administrer les éléments didactique d'une progression possible.

La statistique de différentes expériences a montré qu'un certains nombres d'hypothèses ont pu être validées quand d'autres sont restées en suspens. Certains éléments essentiels et nouveaux ont pu émerger de l'ensemble de notre étude. Mais l'élément central apporté ici est que le poids de la charge cognitive des apprentissages dans le cas du déchiffrage n'a pas une incidence assez forte pour qu'elle soit la seule mise en cause sur les difficultés d'apprentissages. Ainsi, d'autres recherches sont à engager, afin de cerner toujours plus précisément les causes profondes de l'échec total du déchiffrage dans un premier temps et les différents stades qui mènent à la lecture dans un second.

Nous avons pu mesurer pour les séries évolutives du type V+A=VA ; L+I=LI ; D+E=DE ; VA+LI=VALI ; LI+DE=LIDE ; VA+LI+DE=VALIDE l'influence de la réutilisation des antécédents et d'une progression ascendante chez les sujets de milieu ordinaire. En revanche, chez les sujets d'IME, les premiers éléments n'ont pas permis l'accès au second niveau de déchiffrage, la majorité des sujets n'ayant pu passer les niveaux supérieurs, qui reposaient pourtant principalement sur la réutilisation des premiers exercices. Pour les rares élèves ayant franchi ce niveau, nous pouvons dire que les difficultés supplémentaires suffisent pour perturber la construction de raisonnement en place. Ainsi, nous avons pu observer des confusions sur l'ordre des sons de mots de 6 lettres ou encore la configuration des lettres dans un système parfaitement cadré et hiérarchisé.

D'autres cas ont montré des confusions sur ces positions, dès les premiers exercices du logiciel LECTUS. En effet, certains sujets insistent pour mettre un son de voyelle à la place de la consonne et inversement. Ces éléments ne sont pas rapportés par la statistique mais par l'observation. Ils possèdent toutefois une valeur scientifique considérable. Ce genre de situation n'est jamais apparu lors des passations avec les sujets ordinaires, ceux-ci ayant tout de suite intégré la disposition permanente du système « consonne-voyelle » constituant les exercices. Ainsi, ces exemples semblent montrer des troubles profonds sur ce que la pédagogie moderne nomme la « structuration ».

Etude des hypothèses de départ

Est-ce que les sujets ayant profité de cette méthode ou de cette expérience vont montrer des facilités pour la mémorisation d'autres bigrammes et pouvoir s'en servir pour la reconnaissance et la restitution de mots les composants ?

Les analyses ont montré que, pour des élèves de milieu ordinaire, l'acquisition d'un exemple régulier de modèle syllabique (B+A=BA) entraîne une récurrence qui permet à l'élève de l'appliquer à l'ensemble des éléments semblant pouvoir s'y rapporter. Ainsi, ces sujets ont, dans l'ensemble, utilisé les aides comme système de précorrection, vérification des connaissances, mais rarement comme système d'aide permettant l'accès à la solution. Nos résultats statistiques sont contraires à certaines de nos hypothèses de départ sur les correspondances entre les tâches de reconnaissance de mot écrits après entraînement faisant intervenir la mémoire de travail. Ces éléments semblent pouvoir s'expliquer plutôt par la nature du codage établi lors du déchiffrage.

Pour reprendre l'exemple d'élèves cherchant des sons de consonnes sur la colonne de voyelle ou produisant une inversion des bigrammes dans la construction d'un mot long ou complexes, l'étude montrent que cette corrélation n'opère pas. Tout se passe comme si les événements restaient indépendants et ne formaient pas une entité construisant un son. Les exercices qui ont été réussis lors de l'entraînement ne constituent pas une base d'apprentissage. Ils n'ont pas empêché l'échec lors du contrôle. Ainsi, pour certains, le système d'aide reste un moyen de trouver la solution mais achoppe en tant que méthode d'apprentissage. Chez d'autres élèves de milieu spécialisé, le logiciel a permis de passer un niveau de déchiffrage. Il est difficile de dire s'il s'agit du logiciel, du dispositif, des répétitions, du cadre, de la motivation, du support ou peut être de tous ces éléments à la fois, mais le dispositif a permis des apprentissages dans un domaine qui restait, jusqu'alors complétement obstrué. Quelque chose a fonctionné, mais rien ne peut dire pour le moment ce qui a opéré précisément.

Dans l'expérience 2, nous avons observé que pour les sujets d'IME, les différentes aides et en particulier les aides bigrammes sont un réel outil qui permet d'arriver aux solutions et sont utilisés à tous les niveaux d'exercices (4lettres, 6lettres, 8lettres). En particulier la recherche de ces bigrammes permet de tester différentes propositions et d'avancer vers la solution. Les sujets d'IME rencontrent toutefois des difficultés pour repérer une cohérence ou incohérence entre deux éléments successifs. Ces difficultés pourraient paraitre d'ordre orthophonique ou survenir de la langue orale mais les données montrent qu'elles reposent plutôt sur des carences d'organisation de l'information.

Dans l'expérience 3, nous avons vu que les Profils anticipés qui prévoyaient une réussite sur les bigrammes du logiciel et une moindre réussite sur les bigrammes hors logiciel ou inconnus ne se sont pas vérifiés dans notre étude. Ainsi les empreintes laissé par les données lors de la phase d'entrainement sur LECTUS ne sont pas retrouvées lors des tests

d'évaluation chez les sujets en IME, y compris pour les sujets ayant effectués un grand nombre d'exercices. La majorité des sujets semble plutôt se calquer sur un profil qui prévoit une moyenne réussite sur les bigrammes du logiciel, une faible réussite sur les bigrammes hors logiciel et pas ou très peu de réussite sur les bigrammes inconnus.

Autres résultats surprenant, nous avons observé que les temps de lecture sont assez semblables pour les deux catégories d'utilisateurs IME et MO que nous avons testés. Les différences de performances se jouent surtout sur le niveau de réponses indiquant une grande confusion chez les sujets IME. Certaines erreurs montrent que les apprentissages ne sont pas organisés et nous permet de conclure qu'il existe un effet notable de l'entraînement sur logiciel avec un impact visible sur certains sujets mais impossible à mettre en évidence pour l'ensemble par une corrélation directe par la statistique

Lors de l'expérience 4, nous avons vu dans cette expérience que les valeurs de corrélation n'indiquent pas de corrélation entre les mauvaises réponses des bigrammes du mot et les scores des évaluations pour l'écriture de mots. Nous avons vu également qu'il n'y a pas de lien entre les résultats d'entrainement et les évaluations de ces dernières pour les sujets de milieu spécialisé. On aurait pu s'attendre à avoir une forte corrélation entre les scores qui composent les bigrammes du mot et le mot. Aussi, l'ensemble des entrainements effectués n'a pas permis un ancrage mnésique des paires de consonne-voyelle rencontrées.

Les mots ne sont pas pensés en bloc d'unité pour les sujets d'IME mais semblent plutôt se rattacher à une multitude d'indices disséminés dans la sphère de perception et de compréhension. Un son reconnu vient parfois parasiter la reconnaissance et incite aux mauvaises réponses. A la lecture de nos données, les bons comportements sur l'utilisation du logiciel sont plutôt chez les sujets IME qui sollicitent l'ensemble des outils pour parvenir à la solution. Les sujets MO préférant compter sur leurs acquis et proposer une mauvaise réponse plutôt que 'utiliser les outils d'ergonomie (cognitive). Notamment les données du groupe B des sujets MO montre une grande pauvreté sur l'utilisation de ces outils-logiciels.

Nombre et type de bigrammes dans la genèse

Si la consigne est « Quels sont les mots que tu connais », la simple sollicitation des quelques bigrammes devrait faire émerger un ensemble de mots qui y sont directement et/ou fortement attachés. La progression par assimilation de bigramme récurrents, notamment sur les trames largement perceptibles tel que rive : rivale, rivalise, rivalisera ; tire : lire, tirelire ; mari : maritime, s'est bien exécutée en milieu ordinaire, alors qu'elle était absente chez les sujets de milieu spécialisé, la réussite des mots de quatre lettres ayant rarement entraîné le passage au déchiffrage des mots plus complexes, y compris ceux s'y rapportant comme des mots voisins ou utilisant des combinaisons de bigrammes déjà acquises, tout du moins validées, lors des exercices précédents.

Ainsi, le nombre de bigrammes et les différents types de bigramme que peut rencontrer un lecteur, avant que le système déchiffrage ne soit entièrement automatisé, diffère très largement chez ces deux catégories de sujets. S'il peut être mesuré chez les sujets de milieu ordinaire, par exemple pour l'ensemble des mots composant le logiciel, il ne peut l'être pour les sujets de milieu spécialisé. Les différences sont plutôt d'ordre qualitatif que quantitatif.

En présentant des mots assez complexes ou des pseudo-mots qui comportent les bigrammes travaillés et réussis, même un grand nombre de fois, nous observons quelques difficultés chez les sujets de milieu ordinaire et une incapacité totale de déchiffrage chez les

sujets de milieu spécialisé. Les variations sont intra-individuelles, mais on peut tout de même supposer des schémas et des universaux. Ces résultats sont régis par les contraintes de l'environnement et du niveau de développement, l'environnement étant ici les conditions d'apprentissages ainsi que les méthode et supports associés. La mesure de ces éléments demande un nombre supérieur de données. Notre recherche a permis d'en faire une estimation mais pas une évaluation. Notre travail s'effectue encore à ce jour, la plupart des écoles et des intervenants qui y ont pris part a décidé de continuer les différents logiciels d'apprentissages, de tests de d'évaluation, les données à venir devraient pouvoir donner davantage d'informations sur la temporalité de ces apprentissages.

Les modèles darwinien ou sélectionniste du développement (darwinisme neuronal d'Edelman), les modèles d'auto-organisation ou la bio-informatique ou encore la robotique s'inspirant du vivant montrent les voies que la nature sait emprunter lorsqu'elle doit résoudre des problèmes complexes. Très souvent, l'idée est de traduire ce phénomène complexe en problématique simple. Les processus neuronaux de la lecture pourraient s'en inspirer. Comment rendre un système performant, rapide à la fois rigide et souple ? La théorie de neurones bigrammes rend bien compte de cette double performance en s'appuyant sur les règles internes du développement introduite par les neurosciences. toutefois, ce modèle ne semble pas à l'œuvre même après un entrainement spécifique chez les sujets d'IME.

En effet, des déficits sur l'organisation des informations émergent clairement, empêchant la progression et l'automatisation au cours des exercices. Les sujets continuant également à utiliser ces systèmes d'aides bigrammes y compris lorsqu'ils ont été validés dans le premier niveau. Ce phénomène montre les difficultés à maintenir en mémoire les éléments acquis. Lors des apprentissages, on s'attend à ce que les facilités d'observation et de manipulation assurées par le logiciel puissent aboutir à des statistiques plus favorables. Nous avons observé que les exercices sont souvent vidés de leur contenu sémantique pour les sujets IME, certains demandant oralement ce qu'est RAME, ce qui semble constituer une aide pour ces derniers. En revanche le fait de renvoyer un référent est aussi une aide pour les sujets MO.

Nous pensions que les systèmes d'aides et la simplification par présentation de bigramme régulier sous la forme consonne-voyelle allaient être un élément favorable à a construction des bases du déchiffrage pour ces enfants. Ces éléments ont été facilitant mais les données montrent que l'élément le plus favorable reste la structure du logiciel, les boites contentant les ingrédients lettres s'incrémentant pas à pas dans un ordre précis et s'associant par paires pour le système d'aide, qui soutient l'élève dans son cheminement de réponse.

L'hypothèse de difficultés de mémorisation des consignes pour les sujets d'IME n'a pas été validée par les données quasi-équivalentes pour les deux groupes. On voit, chez certains éléments de MO, que les aides ne servent pas à la recherche des sons mais représentent une sécurité pour vérifier une solution avant proposition. Ces valeurs sont alors très hautes chez ces sujets MO tandis que les valeurs hautes des sujets IME sont plutôt les « aides bigrammes ». Les données semblent montrer que le logiciel a su être profitable aux deux groupes d'utilisateurs sans venir parasiter les exercices.

Passage en mode expert de la lecture

Certaines études psycho-linguistiques expérimentales portent sur le rôle des connaissances métalinguistiques, notamment sur la conscience phonique qui aurait une valeur prédictive dans l'apprentissage de la lecture. Cette question du savoir métalinguistique, qui permet d'aborder les apprentissages fondamentaux, est clairement décrite dans les recherches de Bellefroid et Ferreiro (2008) qui déplacent l'objet d'étude de l'acte de lecture vers l'enfant.

Emilia Ferrero (Ferrero, Gomez, Palacio et coll., 1988) prend ce point de départ pour décomposer l'activité de l'apprenti-lecteur, afin d'identifier les stratégies propres à l'enfant, qui le conduisent à savoir lire. Nous avons exposé les vues de Bettelheim qui abondent en ce sens également. Nous avons aussi convoqué Bruno Bettelheim pour une argumentation psycho-éducatives.

Nous avons également observé que l'enclenchement des stades qui permettent d'accéder à une lecture automatisée, menant à maturité sur mode de lecteur dit expert, semble s'enclencher de manière naturelle chez les sujets de milieu ordinaire, alors qu'il n'opère à aucun niveau des différentes compétences requises ou alors très laborieusement chez les sujets de milieu spécialisé.

Si la première voie de lecture persiste et n'enclenche pas de lecture possible en mode expert, c'est sans doute que ce système de lecture ne permet pas un affranchissement total de ce mode de reconnaissance - comme si sa fonction était incontournable dans ce mode de représentation. Dans le système multimodal de la lecture, on peut imaginer que, si l'évolution biologique a l'exigence de s'appuyer sur deux modes de traitement sur une même entrée, on peut toujours en supprimer un s'il y en a trois, mais une voie de construction qui semble peu sollicitée sera conservée dans le cas de deux voies unique de traitement. Dans le cas des sujets psychotiques, on voit que ce développement de seconde voie de lecture n'opère pas ou du moins pas complétement.

Ces mécanismes apparaissent à différents moments de l'apprentissage de lecture (Grégoire et Piérart, 1994 ; Rieben, 1991,1995). « Après une utilisation possible de stratégies dites « logographique », l'apprenti lecteur commence à utiliser le décodage phonologique pour déchiffrer les mots auparavant inconnus. Il ne peut utiliser que plus tard les mécanismes orthographiques » (Lautrey). Les liens entre ces mécanismes d'apprentissage et l'identification des mots écrits engagent également les zones cérébrales constituantes de la mémoire de travail, telles qu'elles ont été commentées sur les modèles de Baddeley et Hitch (1974). L'accès aux représentations phonologiques des mots écrits s'effectue essentiellement par l'une des deux voies décrites comme la voie phonologique ou/et une voie orthographique (Sprenger Charolle, 1996).

Borel-Maisonny est souvent cité pour la théorie favorisant l'accès à la connaissance par deux voies. Toutefois, Borel-Maisonny n'était pas satisfait de cette interprétation. La psychologie cognitive préconise souvent des compensations par des séances plus intensives, mais il semble au contraire que celles-ci augmentent les difficultés des élèves en échec. Il s'agit plutôt de le soulager dans cette épreuve et de lui donner des outils qui vont le guider, d'autant que les apprentissages chez ces enfants est déjà intensif - ces derniers nécessitant beaucoup plus d'effort pour un résultat moindre.

Si nous nous basons sur la théorie des neurones bigrammes telle que décrit dans la présentation théorique, on peut dire que cette construction n'opère pas chez la majorité des sujets et que les raisons semblent ne pas se situer uniquement sur un plan mnésique.

Validité du dispositif « LECTUS »

Etude des écarts entre entraînement et évaluation

La visée première de la pratique du logiciel de notre protocole expérimental était de déterminer des points de difficultés lors de l'apprentissage de la lecture chez les enfants de milieu spécialisé. Toutefois, il comportait certaines propriétés didactiques sur support

informatique, constituant à ce titre un outil pédagogique intéressant. Sur ce point, différentes observations viennent dresser un bilan contrasté. Il y a, en effet, la possibilité d'un déblocage pour des sujets qui restaient sans évoluer dans ces apprentissages en dépit des efforts consentis. Toutefois, pour de nombreux sujets, le système d'aide permet effectivement d'apprendre de nouveaux mots, mais il reste encore nécessaire pour les retrouver et ne constitue donc pas un facteur d'autonomisation par rapport à la lecture.

Nos résultats semblent reconsidérer certains travaux qui ont montré l'existence d'un lien entre la reconnaissance de mots écrits et une composante spécifique de la mémoire de travail. Elle contraste également avec une étude précédente dont les résultats révélaient : « l'existence d'un lien entre la boucle articulatoire et les mécanismes phonologiques, d'une part, entre le registre visuo-spatial et les mécanismes orthographique, d'autre part ».

Nos observations nous semblent interprétables de différentes manières. D'autre stratégies ou mécanismes peuvent intervenir et restent à déterminer. Ces facteurs éventuels, à l'origine de ces différences de fonctionnement, vont évoquer différents principes soulevés lors de notre étude. L'implication de la mémoire de travail ne suffit donc pas à expliquer le déficit dans l'indentification des mots écrits.

Entre déterminisme et spontanéité, continuité et différentiation des approches pédagogiques et des supports techniques, cette genèse, si elle est maitrisée, peut être utile à l'amélioration des processus d'apprentissage, y compris pour aider les personnes présentant des troubles ou des déficiences dans ces domaines et proposer des systèmes ergonomiques qui puissent optimiser les différents supports des nouvelles technologies.

Outil de diagnostic

Nous avons vu la préciosité de l'ensemble du dispositif qui après les entrainements, les tests d'identification et les tests de restitution permettait une dernière manipulation qui pouvait retravailler les corpus d'apprentissage du sujet afin de mieux en cerner les difficultés. Ce dispositif est précieux car il permet à l'enseignant de suivre au plus le développement et les blocages de l'élève qui évolue en milieu spécialisé, ce dernier n'ayant pas toujours les moyens de comprendre ses difficultés et d'en cerner les causes profondes. Il doit être suppléé par l'enseignant qui doit l'assister dans ce travail afin d'homogénéiser les apprentissages et insister sur les points importants.

Ce travail de plus en plus nécessaire est également de plus en plus difficile pour les gens de terrain qui voient les classe d'IME se charger d'avantage chaque année et se composer d'un public qui demande toujours plus d'accompagnement et de proximité. Sans venir le remplacer, le dispositif peut soutenir et guider l'enseignant dans cette tâche essentielle qui lui permettra de comprendre certain blocage qui serait resté sans éclaircissement.

C'est pourquoi bien plus qu'un outil d'apprentissages le dispositif peut être considéré comme un système d'assistance au diagnostic pour repérer les failles sur les apprentissages fondamentaux. Il peut s'adapter pour s'établir sur d'autres domaines, notamment, tout ce qui passe par la reconnaissance de sons ou de forme, c'est évidemment le domaine de l'orthophonie qui vient à l'esprit bien que l'on puisse certainement imaginer d'autres applications dans des disciplines voisines.

L'élaboration d'un diagnostic est envisageable pour les enfants souffrant d'un déficit des apprentissages à partir des données du logiciel qui reste à réorienter et à automatiser. La

question de l'automatisation de l'analyse des données est centrale et ne doit pas être négligée. En effet l'élaboration de sa synthèse ne pouvant être faite manuellement sans représenter un lourd travail compromettrait l'utilisation et l'intérêt du dispositif. Elle doit être exhaustive et transparente sans venir encombrer le travail du spécialiste.

Modélisation des apprentissages

Un temps moyen nécessaire doit être calculable selon les sujets pour l'apprentissage d'un bigramme ou d'une série de bigrammes (mots ou pseudo-mots) selon la longueur des séries proposées. Une simulation et une modélisation devraient pouvoir confirmer et prédire la chronologie et les rythme de progression sur la question du déchiffrage. Une modélisation des schémas d'apprentissage pour chaque sujet de l'expérience peut déterminer une modélisation moyenne du développement du réseau de déchiffrage pour les items abordés. Les données permettraient de calculer les temps d'apprentissage de chaque individu pour les différents nombres de paires de lettres en fonction du nombre d'apparition au cours des exercices.

Au-delà de difficultés mnésiques, il semblerait qu'il y ait un problème d'organisation des informations lorsqu'elles doivent être traitées de manière symbolique. En s'appuyant sur les travaux de Stanislas Dehaene, on peut s'interroger sur le fonctionnement des zones du cerveau qui codent pour les formes et les visages et qui semble poser peu de problème chez les enfants d'IME et ne peuvent que difficilement s'adapter pour permettre une exaptation au système de lecture. Il semble que les périodes sensibles qui s'apparentent à des moments d'hyper-plasticité ne soient jamais ou rarement fonctionnelles chez ces sujets, qui semblent souffrir d'hyper-rigidité.

Sur le plan neuronal, est-ce qu'un circuit finalisé, qui comprend le cycle complet de déchiffrage de mots jusqu'au système expert va modifier, anticiper, favoriser les nouveaux apprentissages pour d'autres mots chez ces sujets en difficulté ? Les éléments de l'analyse ne permettent pas encore de répondre clairement, du moins scientifiquement, à cette question, les temps d'apprentissages étant très longs avec ses sujets. Cette question reste toutefois en suspens car certaines écoles continuent d'exécuter le protocole mis en place et pourraient être en mesure de fournir des résultats sur ce point après un temps suffisant.

Le processus du déchiffrage pose et impose la hiérarchie qui doit lui être immanente. Les questions posées ici ouvrent un arbre immense de relations, corrélations qu'il est difficile de décrire dans son entière complexité mais dont les éléments sérieux et confirmés peuvent déjà être profitables dans d'autres domaines et vers d'autres compétences transversales.

Les développements possibles

Poursuite du logiciel

Voie algorithmique

Nous pouvons concentrer nos efforts sur ces approches des apprentissages gageant qu'à l'avenir, l'écriture manuscrite va se réduire considérablement. Cette dernière multiplie et complexifie le travail par la recopie et la possibilité d'erreur. La rapidité et les modalités de la saisie informatique croissantes vont repenser la place et la charge de l'écriture manuscrite dans un monde ou les besoins (pyramide de Maslow) et les obligations vont se techniciser. La question du handicap mental et du niveau de lecture/écriture possible des individus concernés prend ici tout son sens et son importance capitale.

Pour optimiser le logiciel LECTUS, un ensemble d'algorithme doit pouvoir analyser la progression en temps réel afin de l'intégrer dans les propositions d'exercices. Le nombre de données étant massif voire exponentiel au fil de l'utilisation, le fait de le ramener à des estimations simples semble être problématique. Si un algorithme peut calculer les bigrammes traités et ceux entendus et en créé une représentation matricielle, un second pourrait mettre l'accent sur les voisins orthographique, phonétique ou sur la consolidation en fonction des paramétrages et analyser les corrélations sur l'utilisation du logiciel afin de tirer des profils. Il est toutefois indispensable, si l'on veut optimiser l'utilisation d'élaborer des systèmes d'études statistiques qui permettent une analyse efficace, pertinente et peu couteuse en calculs.

Ce logiciel déterminerait l'ensemble des mots accessibles en fonction des paires de lettres connues, des mots déjà reconnus ainsi qu'un certain nombre de règles graphophonétiques qui sont à définir. Il devra permettre l'édition d'un corpus d'exercices accessibles à partir de cette base. Si nous pouvions découper en étapes minimalistes les différentes phases de l'apprentissage, de manière à dissocier les différents éléments qui interviennent dans la succession des acquis et créer des systèmes d'aides qui puissent améliorer les performances des jeunes dans ces domaines, nous pourrions mesurer les bénéfices de chaque prérequis. Toujours dans l'esprit d'un système d'aide à l'apprentissage, la lecture n'étant pas un assemblage de compétences mais un processus complexe. Le mode d'apprentissage proposé, qui ressemble à de l'encodage assisté, part du principe que ce qui peut être écrit peut-être lu semble offrir un support avantageux pour les enfants en difficulté. Celui-ci est assisté sans être passif.

Voie ergonomique

Le grand défaut des logiciels actuels d'apprentissage se situe au niveau de l'évaluation. Un logiciel efficace, nécessite de repérer les erreurs, les identifier, les corriger en renvoyant aux règles d'association graphème-phonème et enfin présenter à nouveau l'exercice dans un temps assez court afin de permettre une vérification et une consolidation des acquis et du développement cognitif. Pour l'élève en difficulté, les erreurs ne sont souvent pas exploitées comme outils de contrôle de la formulation et de la validation. Aussi, elles risquent de ne pas être repérées et analysées par l'élève. Le logiciel doit leur apprendre à travailler autrement et efficacement, en s'improvisant méthode. Ainsi, le logiciel peut guider individuellement les élèves en proposant des exercices en fonction des erreurs et de l'évolution. L'acquisition des premiers graphèmes construisent les exercices des premiers apprentissages.

L'utilisateur retient-il mieux le dispositif lorsqu'il en est maître ou lorsqu'il lui est imposé ? Peut-on créer, par la multiplication des aides, des « dissonances intellectuelles » ? Les zones de l'écran les plus observées selon les séries d'exercices peuvent-elles déterminer les stratégies de lecture en cours ? Répondre à ces questions cliverait les stratégies de lecture entre les approches photographique, auditive et linéaire. Ces éléments pourraient être intégrés dans la conception des systèmes d'aides et constituer les bases du parcours proposés en fonction des profils. Effet de fréquence, longueur des mots, modalité de présentation, effet de maîtrise de la langue, paramètres de la situation d'apprentissage, identification des variables didactiques, profils de mémorisations, autant de paramètres et de variables qu'ont tenté de contrôler nos recherches afin de trouver un équilibre qui soit favorable à la juste interprétation de la trame ascendante adaptée et pour les bases d'un logiciel abouti.

En ciblant les aides qui favorisent la mémorisation, on peut espérer qu'elles seront non seulement plus efficaces mais aussi qu'elles iront dans le sens d'une amélioration des compétences des utilisateurs dans les propriétés qu'elles renseignent. Dans les modèles

cognitifs du déchiffrage, la sémiotique, la mémoire, l'attention et l'émotion sont à étudier et intégrer. Ces derniers peuvent être fractionnés en éléments d'apprentissage, et peuvent être étudié à partir des données du dispositif. Ils peuvent bien sûr être étendus pour gagner en efficacité, mais on peut déjà souligner que le pistage des manipulations et interventions sur le logiciel lors de l'apprentissage permet d'appréhender un certain nombre de problèmes d'apprentissage de manière assez précise.

Les résultats de nos tests peuvent d'ailleurs mais c'est un autre et long travail, être mis en correspondance avec les pathologies des populations établies, lorsque cela est possible, afin de repérer des récurrences ainsi que leurs résolutions sur des difficultés d'apprentissage. Cette méthode peut être utilisée dans deux perspectives : permettre de cibler les difficultés d'apprentissage et proposer un diagnostic sérieux et évolutif s'appuyant sur les aspects cognitifs des apprentissages.

Optimisation du dispositif

Il s'agit de prendre la pédagogie en place et de l'adapter à travers l'ergonomie spécifique de l'objet informatique. Les évaluations prévues pour l'expérience 3 pourraient être mises en place sur un dispositif ayant cours sur du long terme et permettant aux élèves d'aller plus loin dans l'entraînement. On pourrait ainsi proposer un modèle matriciel de la lecture avec une représentation connexionniste. Chaque bigramme serait représenté par sa forme, son voisinage direct, sa position dans le mot. On peut également découper les éléments écrits en morphèmes, phonèmes, syllabes afin de comparer la pertinence de ces différentes unités. Certaines méthodes parlent d'ailleurs de syllabogrammes. L'imbrication du système phonème-morphème-bigramme dans la lecture-compréhension pourrait ainsi être représentée par un modèle mathématique ou une simulation par intelligence artificielle.

Ainsi, la construction de ces connaissances pourrait utiliser des voies qui semblent assez proches de la construction physiologique de l'automatisation. Pour cette construction, nous avons observé que les enfants de milieu ordinaire peuvent s'appuyer sur des bases robustes qui permettent au système de s'établir rapidement et fidèlement. Chez les enfants du milieu spécialisé, le système semble présenter de graves difficultés à opérer une transduction de mode graphique au mode sonore, en constituant des unités qui produisent des complications exponentielles. Afin de construire ce rapport grapho-phonémique, les élèves ordinaire semblent constituer des éléments catégoriels qui vont pouvoir se spécialiser en réseau et devenir de plus en plus automatisés. Les sujets de milieu spécialisé semblent avoir de grandes difficultés dans ce mode opératoire, et tout se passe comme si les éléments continuaient à être analysés indépendamment les uns des autres. Ces dispositions continuent de favoriser la confusion et construisent des prérequis décousus, qui risquent d'embrouiller le déchiffrage, tandis que la construction logique et claire des éléments du milieu ordinaire construit un édifice inébranlable.

Un dispositif plus poussé pourrait cibler et éclairer ces éléments afin de mieux comprendre ce qui est à l'œuvre pour les enfants qui ont progressé grâce au dispositif. L'objectif est de soulager le processus de lecture en ciblant les prérequis manquants et, dans la visée pédagogique qui est la nôtre, de concevoir des aides à l'activation et à la mise en œuvre de ces prérequis. Enfin, il s'agirait de proposer un didacticiel-support composé de ces systèmes d'aide et de contrôle pour développer ces activités cognitives concernant les apprentissages fondamentaux, en particulier chez les enfants déficients. Ce dispositif devra être utilisé et piloté par des professionnels et enseignants grâce aux outils modernes des TICE et aux supports interactifs.

Dans notre étude, nous avons de nombreux calcul de poids de bigrammes à l'intérieur des exercices afin d'affiner les tests d'évaluation. Lors de la description de la partie expérimentale 3, nous avons proposé deux tables présentant les fréquences des bigrammes à l'intérieur des mots présentés dans le logiciel LECTUS. Ces fréquences étaient calculées en fonction de la position des bigrammes ou alors de manière indépendante. Nous avons vu que, si nous prenions en compte la position des bigrammes, ces fréquences pouvaient changer, sans toutefois le faire de manière significative. Un nouveau mode opératoire, où tous les sons vus devraient être entendus, c'est-à-dire où chaque manipulation/navigation de bigramme donne lieu à sa prononciation pourrait également être testé par nos logiciels. Cette proposition demande à être affinée pour être réservée à une petite série d'exercices rudimentaires et l'aide bigramme pourrait se transformer en aide plurigramme grâce à une synthèse vocale, qui permettrait de lire n'importe quel groupe de lettres. Une synthèse vocale robuste est indispensable tout d'abord parce que le nombre de possibilités devient exponentiel, et les sons préenregistrés, bien que plus clairs et plus fluides, ne suffisent plus, ensuite parce que notre étude a démontré l'extrême sensibilité des sujets à ne percevoir les sons que par l'intermédiaire du casque. Phénomène déjà observé sur l'ensemble des logiciels RIP mais jamais expérimenté et chiffré. Enfin, différents ajouts au logiciel pourraient ainsi couvrir un champ d'apprentissage plus large comprenant les diphtongues, les exceptions et finalement couvrir le champ quasi total du corpus d'apprentissage de la lecture.

L'oculométrie

Matériel et caractéristiques

Pour les méthodes en oculométrie, la position optimale du regard semble être décalée vers la gauche du mot (pour une écriture allant de gauche à droite), mais elle est également dépendante de l'emplacement de la racine du mot. (Holmes et O'Regan 1992). Elle se décale en fonction de la position de cette dernière : à droite dans le mot « reprendre » et à gauche dans « tiraillement ». Clark et O'Regan (1999) ont montré que cette position était optimisée pour lever l'ambiguïté d'un mot. Une lettre est mieux identifiée dans un mot que dans un non-mot (par la rétroaction du mot au niveau orthographique)[33].

Les sourds sont souvent plus perceptifs au mouvement dans leur champ visuel périphérique pour compenser le fait de ne pas être avertis du danger par le bruit. Des recherches récentes suggèrent que le traitement visuel parafovéolaire est amélioré chez les sourds en raison de ressources attentionnelles dédiées au traitement visuel dans ces zones extrafovéales. Cette attention dirigée vers la périphérie peut conduire à des processus de perception différents pour la lecture. Une plus grande disponibilité de l'information parafovéolaire peut ralentir le traitement des aires visuelles, résultant de fixations plus longues et ralentissant le processus de lecture.

D'autres recherches ont montré qu'il y avait une influence du point de saccade sur le mot qui peut ne pas être optimisé du premier coup. Cet empan supérieur peut intervenir dans la lecture. Ainsi, on peut prédire une meilleure anticipation du mot suivant et surtout moins de précision nécessaires pour la fixation du mot. Aussi, l'identification qui procède syllabe par syllabe (Spoehr et Smith, 1973) ne peut être que modérément appliquée à la lecture des sourds. L'oculométrie semble toutefois montrer ses limites quant à l'inspection des systèmes en place pendant la lecture chez les sourds comme chez les enfants de milieu ordinaire. Elle demande à être couplées avec d'autres systèmes de mesure pour exporter son efficacité.

[33] Le modèle McClelland et Rumelhart (1998) est disponible dans le commerce (simulateur).

L'idée d'une nature dichotomique du traitement visuel est une hypothèse aujourd'hui classique. Elle distingue l'identification pure du traitement spatial pour l'action. Sur le plan comportemental, il a été montré que des illusions visuelles classiques (Ebbinghaus, Muller-Lyer) peuvent affecter l'identification consciente des sujets, tandis que leur réaction motrice n'est aucunement soumise à l'illusion (Aglioti et *alii* 95, Post et *alii* 96). Ungerleider et Mishkin (1982) ont montré que les voies corticales des voies dorsales et ventrales sont à l'origine de cette distinction fonctionnelle de la perception visuelle. Milner et Goodale (1995) ont étayé les preuves neuropsychologiques sur des cas pathologiques affectées sur l'un des deux types de perception. La différence de traitement des hautes et basses fréquences visuelles fut aussi imputée à cette distinction fonctionnelle (Mermillod et *alii*, 2005). Selon Velichkovsky (2005), les fixations visuelles focales se distinguent par le fait qu'elles sont plus longues et qu'elles se déplacent moins que les fixations ambiantes. Soit un mode d'attention explicite spatialement localisé qui traite en profondeur et un mode « ambiant » au traitement plus rapide et plus global potentiellement au repérage spatial et à l'action motrice.

Expérience en oculométrie

Des données d'oculométrie auraient pu être précieuses pour affiner l'interprétation des données, mais elles n'ont pas été possibles. La complexité de leur mise en place et la résistance des établissements exige des autorisations difficiles à obtenir pour ce dispositif plus intrusif. Ces tests pouvant être réalisés par le « eye-tracking » avec la technologie du TOBII ont donc dû être abandonnés faute de temps et de moyens mais auraient permis de recouper un certain nombre d'éléments de données, notamment sur la chronométrie.

Tout d'abord, pour repérer de stratégies de mémorisation et de lecture. L'oculométrie montre déjà que les saccades visuelles de la lecture peuvent sauter les petits mots bien connus comme les prépositions, les pronoms, etc. Pourrions-nous observer ces comportements chez les enfants en difficultés d'apprentissages, qui accèdent quand même à une lecture partielle ? Le taux de lecture est une mesure composite, qui peut intégrer le nombre et la durée des fixations à travers la phrase. Nous pourrions également analyser la durée de fixation moyenne afin de déterminer si le traitement fovéal des lecteurs en IME est ralenti pour certains mots. Enfin, nous pourrions analyser le nombre de fixations régressives lors de la recherche de mots et les mettre en correspondance avec les aides.

Hypothèse de travail

Tout d'abord la distribution du regard, puis la distribution et les moyennes des saccades pour un calcul de corrélation avec l'efficacité de la lecture. Ensuite, nous analyserons les données oculométriques pour y retrouve les traces symptomatiques d'un lecteur expert, à travers les saccades ponctuelles. Nous continuerons d'utiliser l'oculométrie afin de mettre en évidence les différentes voies de lecture possibles. Nous procéderons à différents tests afin de mesurer la résistance à la détérioration des informations visuelles, de cibler les traits distinctifs qui permettent le déchiffrage et de réaliser la simulation d'un modèle ascendant de l'apprentissage de la lecture afin de relever les différentes étapes des processus cognitifs.

Ensuite, rechercher un second phénomène d'amorçage, qui se situerait dans la région périphérique de l'œil et n'amorcerait pas uniquement la longueur du mot suivant mais également sa silhouette. On pourrait y voir une sorte de signature qui amorcerait un champ de mots possibles, anticipant ainsi une lecture qui pourrait ensuite être effective à partir de l'information de quelques lettres. Par exemple, on peut imaginer dans les mots très longs, qui se liront souvent en deux saccades, qu'il y ait un amorçage sur la seconde saccade sur une fin de mot en « blement », « ologie », « érique » ou autres suffixes courants. Un test simple

pourrait mettre en évidence ce phénomène. On pourrait tester les phénomènes d'amorçage pour les évaluer au niveau de la lettre, du bigramme, de la syllabe, de la structure grammaticale, etc... Pourquoi le cerveau ne profiterait-il pas de cette opportunité, puisque l'on sait que son fonctionnement est parallèle. D'autres cas pathologiques pourraient, en revanche, montrer des fonctionnements totalement contraire : « La lecture du braille chez l'aveugle s'apparente alors beaucoup plus à la lecture auditive, dans l'utilisation des synthèses vocales, par exemple, qu'à la lecture visuelle » (*Ibid*. p.67).

Vers une ergonomie des apprentissages

Les voies de la psychologie cognitive

Matrices d'expérience

L'étude, la connaissance et la compréhension des difficultés d'apprentissages spécifiques, telles qu'opérées ici sur la lecture, vont éclairer notre compréhension des difficultés d'apprentissage dans d'autres domaines. Déjà, notre perception insuffisantes du rôle des prérequis est devenue plus précise et des perspectives théoriques ont pu cibler des déficiences précises avec des paliers différents.

La psychologie cognitive, si elle veut ouvrir un champ avec la considération scientifique de sa rigueur expérimental et s'extirper de l'héritage premier des théories comportementalistes dans ce domaine, peut offrir une nouvelle approche dans le champ du handicap mental. En prenant le parti du trouble des fonctions cognitives, elle peut mettre au point un ensemble de dispositifs statistico-théoriques permettant d'évaluer les différents stades de l'apprentissage et de poser des troubles associés de manière cartographique. Un tel projet pourrait s'appeler « continuer Piaget » et se confronter aux deux grands champs des apprentissages fondamentaux dans lesquels les neurosciences ont apporté un rafraîchissement considérable, à savoir la lecture et le calcul. Sans s'isoler, sans être contre mais s'enrichissant des différentes théories de la clinique et de la psychanalyse afin de mieux théoriser et de mieux nuancer son propos. Nous l'avons vu, dans ce champ, elle ne pourra faire l'économie de la considération humaine et se cantonner à des séries de tests et d'analyses statistiques, qui achoppent souvent lorsqu'il s'agit de travailler avec de l'humain mais permettent l'analyse de données afin d'en comprendre la genèse et d'en extirper des indications sensibles.

Autres approches cognitives possibles

La psychologie cognitive, procède de l'étude collective, massive pour attraper de l'universel et semble impuissante d'une quelconque théorisation du handicap mental qui nécessite de partir de l'individu, de l'étude de cas, pour élaborer un processus d'évaluation, de catégorisation et de diagnostic. La prise en compte des facteurs cognitifs et conatifs dans la réussite scolaire permettrait un enrichissement certain de la modélisation des « troubles spécifiques des apprentissages : incapacités à penser, lire, écrire, entendre, orthographier, calculer, indépendamment des sources de handicap : sensorimoteur, retard mental trouble émotionnel, difficultés environnementales socio-économiques » (Gérard, 2011).

L'extension de la neuropsychologie à des cas particuliers de retard mental, principalement le spectre autistique, dans le syndrome de Williams et de Turner, a permis d'éclairer les dysfonctionnements de certaines fonctions sociales, langagières et visuo-praxiques. La neuropsychologie doit être capable d'établir la distinction entre déterminisme biologique et ou facteurs socio-relationnels et donc cibler « différents niveaux de comportement dans l'expression fonctionnelle du déficit ». Les troubles sont rarement isolés

mais fonctionnent plutôt par batterie. « Une perturbation grave de l'apport éducatif peut retentir sur la structuration des fonctions cognitives. Cette problématique clinique illustre la complexité des relations nature-culture. » (Gérard). Peu d'étude reconnaissent aujourd'hui ce type d'argumentation. Peu de théorie de la maturation cérébrale sont transposables à l'échelle fonctionnelle. Aucune théorisation ne prend en compte le phénomène de dysharmonie cognitive. Les accès fermés par des années d'étanchéité des approches interdisciplinaires font peu évoluer les modèles de prise en charge. La révolution génétique oblige à traiter le retard mental par « différentiation phénotypique ». Si ce modèle correspond à une réalité scientifique, il ne permet pas de faire avancer la question du traitement et de l'accompagnement du handicap. La seule évaluation qui vaille reste celle qui permet l'expression des modes de remédiation.

Les derniers modèles de l'apprentissage s'appuie beaucoup sur la statistique bayésienne expliquant que cette dernière est un outil puissant qui permet au nourrisson d'évaluer les situations possible en fonction des fréquences des éléments similaires. Or, l'on peut voir qu'un seul exemple suffit parfois pour tirer les règles d'une condition. Si les sciences cognitives - et d'autres d'ailleurs - ont théorisé ces phénomènes par un fonctionnement statistique du cerveau, c'est parce que ce sont les outils qui nous permettent de le reproduire, mais les voies cognitives semblent plus directes plus constructives et plus fonctionnelles que ces modèles.

Sur ces mêmes principes on pourrait théoriser que l'apprentissage de B+A=BA engendre virtuellement la création de l'ensemble des autres combinaisons possibles (par inférence bayesienne). Ainsi, le cerveau n'enregistre pas des événements ou des éléments particuliers mais construit des règles, des lois, des propriétés, un ensemble logique de choses. C'est ce que j'appellerai le pouvoir de projection du cerveau, que l'on peut observer chez le nourrisson. Il semble essentiel au développement et pourrait expliquer bien des phénomènes sur la fulgurance des apprentissages, notamment lors des périodes sensibles (Montessori). Rien d'étonnant à ce que l'homme surpasse les autres animaux dans ses capacités d'apprentissages car doté d'une anatomie particulière permettant son expansion frontale qui est le cœur même des fonctions exécutives et des capacités de projection.

En examinant les résultats des enfants de milieu spécialisé de notre étude, on s'apercevoir clairement que cette fonctionnalité n'opère pas. Non seulement l'apprentissage intuitif que nous venons de décrire ne se réalise pas mais les voies d'apprentissage utilisant la statistiques bayesienne décrite ci-dessus, par répétition d'une même information, achoppent également. Nous l'avons dit, ces déficiences ne semblent pas dues à une surcharge cognitive, ni à un disfonctionnement mnésique mais sont bien à une particularité du traitement des informations et du dysfonctionnement des aires du cerveau convoqués.

Ces phénomènes ne semblent pas liés au nombre ou à la qualité des neurones ni se rattachent à la question cellulaire et à son fonctionnement profond. Ils semblent plutôt dus au fonctionnement quantique, chaotique, du cerveau qui lui permet d'engendrer des connaissances sans les avoir forcément vécues ou enregistrées. Dans les cas de déficiences mentales s'apparentant à celle de nos sujets, avec de larges troubles de l'apprentissages mais n'exposant pas ou peu d'autres troubles sociaux, comportementaux ou moteurs, nous pouvons constater que ce fonctionnement est en échec. Seules les choses expérimentées prennent corps, et rien ne peut déborder de cette connaissance : elle semble directement liée à la condition d'apprentissage, qui ne permet pas de l'utiliser dans d'autres domaines.

Enfin, les apprentissages ne se consolident pas. Un élément appris, maîtrisé, acquis, prenons le cas d'un bigramme rencontré dans différentes positions dans notre cas d'étude, semble pouvoir poser des difficultés quelques minutes plus tard, même présenté dans un contexte identique. L'apprentissage par répétition et contagion ne semble pas s'opérer, car les éléments ont l'air d'être appris de manière distincte et surtout isolée. L'ensemble ne fait donc pas corps. Les différents réseaux de neurones ne se soutiennent pas les uns les autres. Cet état de fait semble empêcher une dynamique de croissance des connaissances même lorsque les bases sont là, elles ne sont pas stables et ne produisent rien : aucune idée, intuition ni expansion n'en émergent.

La lecture : base d'études des systèmes neuronaux

Les avancées vertigineuses dans la compréhension des processus neurologiques en place lors de l'apprentissage de la lecture ont fait de ce champ d'investigation l'un des secteurs en pointe des sciences neuronales. Ainsi, toutes les études pouvant contribuer à apporter un éclairage sur les transformations cérébrales des différentes phases de ce développement apportent de la précision pour une modélisation de ces phénomènes.

De la même manière que les traitements de niveau supérieur et de bas niveaux peuvent interagir, de manière imbriqués et sans réelles frontières, le travail d'amorçage du sens et l'anticipation du déchiffrage par la forme du mot peut constituer un traitement parallèle de lecture-compréhension. Ainsi un jeu de va et vient entre le déchiffrage et la compréhension profiterait à la rapidité de lecture. Les deux traitements parallèles pourraient s'échanger des informations afin d'optimiser le système.

« Des travaux différentiels chez l'adulte et l'enfant normo-lecteurs ont montré des différences individuelles dans l'utilisation de l'une ou l'autre voie (Baron, 1979) ; Treiman, 1984 ; Byrne, Freebody & Gates, 1992. Certains chercheurs parlent de sujet « chinois » et sujet « phéniciens » (Chartier). Une première batterie de test peut identifier des apprentis-lecteurs à profil de lecture « directe » » et d'autres décrits comme profils « linéaire », respectivement efficients dans l'utilisation de la voie orthographique et moins bons dans l'utilisation de la voie phonologique. Ces deux groupes se distingueraient de sujets dits « bons lecteurs » (efficients dans les deux voies) et de « mauvais lecteurs » (déficients dans les deux voies). Sur le plan cognitif, cette situation implique des spécificités individuelles dans l'apprentissage de la lecture et dans la construction des deux voies de lecture mises en principe (Reuchlin, 1991, Rieben, 1995, Rieben & *alii*, 1997), par des styles d'identification différents.

Les modèles d'apprentissage

Validation des modèles

Le système scolaire se modifie par ses contenus mais aussi dans son approche pédagogique, notamment sur la question du rapport au savoir, comme on peut le lire à travers les travaux de Bernard Charlot. Lacan l'évoque également, mais plutôt dans une optique d'acceptation du savoir, en reprenant le concept du savoir inconscient du sujet essentiel au développement et à la construction du sujet. Ce phénomène est très complexe dans la psychose et dans la névrose. Pour le psychotique « celui qui sait » peut être dangereux pour lui ». L'ordinateur peut être un intervenant, un élément modificateur de ces rapports au savoir car il pose une autre perception du texte écrit. Auparavant, on avait le cahier et le livre. Le livre tout-puissant, maître d'œuvre, outil de l'instituteur, représentait la force, la règle absolue de l'écriture. Le cahier de l'élève, lui, comportaient les ratures, les fautes, les corrections, quelque chose de personnel, d'intime, que l'on donnait à voir à l'Autre. Avec l'informatique,

l'écriture s'est démocratisée surtout pour les élèves. Ils peuvent désormais, avec une aide de l'enseignant bien sûr, produire des écrits typographiés et rompre le fossé qui les séparait de l'écriture institutionnalisée.

Les Neurosciences ont bien identifié dans le processus de lecture, deux voies d'identification. Bien avant, Casalis et Lecocq (1992) avaient montré qu'elles étaient indépendantes avec leurs travaux sur la dyslexie phonologique et la dyslexie de surface. Ces voies peuvent être rapprochées des stades alphabétique et orthographique (modèle global), selon la théorie des stades de Frith (1985), qui s'opèrent dans deux aires distinctes de la zone pariétale du cerveau. Ce modèle cognitif vise à faciliter l'accès avec un coût minimum aux deux voies, l'adressage et l'assemblage. Ce modèle implique un décodage méthodologique préparant l'automatisation de l'assemblage. Il est probable que la focalisation habituelle sur la maîtrise du stade alphabétique entraîne un manque de disponibilité pour acquérir des connaissances sur les autres modalités de codage. Cette focalisation gêne aussi le développement de l'accès à des capacités linguistique élaborées.

Nous avons parlé de ce que nous avons nommé la puissance de projection, mais un autre aspect des fonctions cognitives pourrait nous intéresser ici. Je pense notamment aux éléments qui s'enclenchent chez le musicien polyvalent, lorsqu'il passe d'un instrument à un autre. Prenons l'exemple du guitariste qui joue tantôt à la guitare électrique et tantôt à la guitare acoustique. La différence n'est pas anodine, et la légère modification d'écart entre les cases pourrait perturber le musicien, et c'est d'ailleurs le cas chez le novice mais pas chez l'expert pouer reprendre le modèle de notre étrude. Quel mode opératoire fait que le cerveau va modifier de manière permanente son traitement des informations plutôt que de le corriger à chaque note ou chaque mouvement ? Cette adaptation globale, qui permet aux musiciens experts de passer d'un instrument à l'autre, est une compétence cognitive à l'œuvre qui pourrait apporter des enseignements pour nos sujets qui n'arrivent pas à passer d'une correspondance graphique à une correspondance phonétique.

Imprécision des modèles

La plupart des modèles d'apprentissage ne fonctionnent pas de manière optimisée car basés sur un principe d'apprentissage direct, inconscient, sorti des motivations. S'il est vrai que ce système est sans doute valable pour l'apprentissage des réflexes chez l'Aplysie ou des comportements sociaux en éthologie, l'observation d'un enfant lors d'une séance d'apprentissage montre, de manière claire et empirique, que l'apprentissage ne s'opère pas sans son consentement. En effet, l'ensemble des blocages psychologiques pourraient rendre toutes stratégies inopérantes. Certains enfants refusent le concept du chiffre « 3 », car cela les fait sortir de la relation dualiste et fusionnelle qu'ils entretiennent ou fantasme d'entretenir avec un des parent. L'ensemble des concepts qui ne sont pas en symbiose avec l'image que le sujet a du monde et de lui-même montrera quelques résistances à l'ancrage mnésique.

Le cerveau est sans cesse en train de reconstruire l'ensemble des représentations mentales qu'il possède pour réaliser une sorte de « binding », des différentes entrées en une représentation d'un niveau supérieur, , qui donne lieu à tout un ensemble de recâblage de l'existant et explique les connexions spontanées opérées dans le cerveau. Ces modifications sont aujourd'hui bien connues des neurosciences et sont essentielles aux apprentissages. La biologie structurale pourrait ainsi apporter de nouvelles pistes pédagogiques ou voix de la propédeutique pour la lecture ou d'autres apprentissages. Selon Stanislas Dehaene (2005) : « Il est possible que certaines formes aient été internalisées au cours de l'évolution ». L'intégration demanderait l'implication d'un vaste réseau de connexions de systèmes spécialisés.

Ergonomie

Ergonomie du système

L'ensemble de la structure interactive du logiciel détermine le processus de traitement et de transformation des informations relatives à un apprentissage. Son rôle est d'autant plus important que l'élève affronte une sous-tâche de maîtrise du dispositif et d'exécution par l'intermédiaire de la tâche principale. Le logiciel interactif est donc affecté à une tache de surveillance non intrusive des manipulations de l'utilisateur, afin de lui envoyer des propositions, toujours sur un mode non intrusif en vue de guider les conduites de l'usager. Il peut, le cas échéant, adapter son fonctionnement en fonction des réactions de l'utilisateur.

Lors de l'utilisation des logiciels éducatifs, on a souvent constaté que les consignes conçues pour orienter l'activité de l'élève ne garantissaient pas un cheminement prévisible. Elles ne sont pas toujours décodées efficacement et conservent des ambiguïtés impropres à l'utilisation. La prise en charge par le logiciel éducatif de la communication avec l'apprenant, afin de décrire et d'annoncer les différents fonctionnements du système, permet des logiciels interactifs, qui pourront libérer totalement la charge ergonomique et ouvrir une concentration exclusivement dédié à la tâche en cours.

La multiplication des supports notamment avec l'arrivée des tablettes à l'école centralise les regards sur l'ergonomie au détriment de la didaxie. L'arrivée du tactile plus simple et réaliste, n'a pas été profitable par l'avènement annoncé de l'objet magique et débouche sur le projet « Autisticiel » qui croit permettre une ouverture des enfants autiste en les enfermant dans des écrans. Pour les autres cela ne correspond plus à la configuration qu'ils risquent de rencontrer dans le milieu professionnel et ne manquera pas de renforcer l'image archaïque de l'école. L'effet vitrine ne sert jamais l'effet écran.

Ergonomie cognitive

L'image sur ordinateur et sa sémiologie, probablement proche de celle de l'image filmée, méritent donc d'être étudiées. Cette problématique devient particulièrement importante, compte tenu du rôle que semble jouer la présentation sur ordinateur, qui fait partie intégrante du processus didactique. Si l'image est toujours destinée à illustrer, dans les versions futures, elle semble vouer à devenir un instrument conçu pour transmettre davantage d'informations que les images traditionnelles.

Elle peut ainsi être modelée, manipulée et réorganisée en fonction des objectifs d'une meilleure perception et interprétation du sens. Elle peut intégrer maintes fonctionnalités dans le processus, sans surcharger le champ de vision et l'attention, contrairement à ce qui est recherché dans l'ergonomie des pages Web, par exemple. L'utilisation de l'ordinateur acquiert alors le caractère de fausse facilité et de fausse réussite, sans vérification nécessaire de la compréhension du problème, d'une part, et du fonctionnement de système, pour « faire faire », d'autre part.

Pistes de recherche

Développement et simulations possibles

Des logiciels de substitution

Les applications destinés au handicap sont aujourd'hui fourmillantes et dans tous les domaines : autisme profond, enfants trisomiques, psychotiques, dyslexiques, etc. L'outil

informatique permet une progression ascendante et individuelle permettant de développer la pensée causale, nommer, identifier, catégoriser, conceptualiser, communiquer à l'aide de codes pictographiques, développer la conscience phonologique et apprendre les rudiments de la lecture et de l'écriture. Il permet également par l'automatisation de l'information, de comparer et quantifier des bases de données, d'exprimer un choix, d'acquérir du lexique, de comprendre des règles de grammaires et d'orthographe. Pour les enfants psychotiques, incapables de s'adapter à des situations d'apprentissage qui deviennent pour eux anxiogènes, l'ordinateur est souvent là pour établir une relation, rassurer, intéresser, ou fasciner.

Les outils supplétifs, pochette et/ou cahier de communication, sur support papier pourront par la suite être dématérialisés et être présentés sur ordinateur selon les progrès de l'enfant afin d'offrir la possibilité de vocaliser le message et d'accroitre l'autonomie de l'enfant (logiciel de communication Mind Express). Il peut aujourd'hui développer la conscience phonologique et apprendre les rudiments d'une lecture et d'une écriture toutes deux fonctionnelles grâce à l'ordinateur et l'assistance de la synthèse vocale, reconnaître et être capable d'assembler quelques mots - voire quelques syllabes - pour construire des phrases simples peut devenir à la portée des sujets déficients (utilisation de Pictop de l'INSHEA).

L'objectif de l'ensemble des travaux de l'INSHEA est de mettre en place un programme complet d'aide aux enfants handicapés qui partirait du bas de l'échelle (autisme profond) par des méthodes d'interactivité des logiciels ainsi que des supports faisant intervenir les nouvelles technologies afin de consolider les prérequis de langage (avatar, environnement virtuel, tablette, TBI) pour établir une batterie de logiciel dédiés uniquement au travail des prérequis de lecture. Selon Stanislas Dehaene, une autre voie est possible, celle d' « essai-erreur », où l'utilisateur est son propre correcteur.

Développement d'outils didactiques

La première partie expérimentale visait à dévoiler certaines possibilités pour modifier ces déficits de traitement chez des enfants SLI, quel que soit leur stade d'apprentissage. Les exercices d'entraînement peuvent être conditionnés pour être présentés de façon ludique ou dans des jeux vidéo, mais nous avons pris le parti d'un logiciel qui soit professionnel avec un aspect plutôt sérieux et surtout qui ne soit pas infantilisant avec quelques effets qui plonge l'utilisateur dans un univers multiple avec des mondes différents et un aspect pour garder le côté magique, cabalistique, de la lecture.

L'outil que nous avons mis au point et testé pourrait-il se montrer plus efficace que les méthodes classiquement utilisées dans les enseignements spécialisés ? Parallèlement aux mesures adaptatives que permet le support, deux types d'actions individuelles sont préventivement précieuses. Tout d'abord, le travail spécifique et explicite sur les correspondances graphèmes phonèmes, avec éventuellement une technique de surlignage qui pourrait être destinée à la facilitation mnésique. Ensuite, la question du découpage syllabique, qui est déjà implicite dans le logiciel LECTUS, mais qui pourrait être souligné plus fortement par de l'animation multimédia.

On sait, depuis les travaux en linguistique, et notamment avec le cercle linguistique de Prague et Troubetskoï, qui s'est particulièrement attaché, à la question de la phonologie, que l'acquisition de ces règles est opérée par des processus universaux et que leur développement est fortement déterminé, motivé par des contraintes maturationnelles du système articulatoire et la mise en place neuronale du système auditif. En toute logique, ce phénomène s'explique par les carences développementales que subissent ces populations.

Aussi, l'enfant doit avoir à sa disposition les éléments permettant l'alternative lorsqu'il est en situation de décodage. Il faut donc, afin que cette alternative soit viable, que les deux versants soient d'abord travaillés séparément, hors situation de décodage au niveau de leurs prérequis, avec des paradigmes de décision, c'est-à-dire de jugement automatique, à travers des exercices où le type de traitement est indicé.

Les systèmes en immersion

Le logiciel interactif est donc, par définition, destiné à émettre des messages en vue de modifier les conduites de l'usager et de modifier son propre fonctionnement par une communication « implicite » avec le système. La prise en charge par le logiciel éducatif de l'échange avec l'apprenant (forme, contenu, consignes, navigation) doit se trouver au cœur du travail de l'informatique pédagogique. Nous pouvons ainsi citer Kamila Eimerl : « une expérimentation et l'évaluation des effets rééducatifs obtenus permettraient de constituer un ensemble de prémisses psychologiques et didactiques de la conception des logiciels pour l'enseignement spécialisé […] Ces aides pourraient contribuer à l'amélioration des structures logico-linguistique et raisonnement prédicatif ainsi qu'à l'enrichissement de l'expression orale et écrite », palliant le problème des logiciels informatiquement forts et « pedergonomiquement » faibles.

La réalité virtuelle, domaine en plein essor, montre ses premières applications dans le domaine du handicap mental. Dernièrement, la mise en place d'une thérapie à partir d'environnement virtuel sur des sujets atteint d'obésité syndromique montre l'étendue des champs possible d'application. Il me semble que ces applications sont l'avenir des traitements soutenus par des approches cognitives. Tout d'abord, parce que les enfants psychotiques ont des capacités naturelles d'immersion mais aussi parce que nombre d'épreuve ne peuvent leur être proposées en raison du danger que cela pourrait représenter pour eux, comme l'apprentissage des transports en pleine autonomie, se sécuriser en ville ou dans un atelier comportant des machines-outils. On voit le potentiel de ces aides dans ces cas de figure.

Ces outils demandent beaucoup de développement, et seuls de grands projets financés peuvent voir le jour pour le moment. Demain, si le développement devient plus accessible comme on l'a vu progressivement pour les applications mobiles, l'émergence d'outils pédagogiques d'un autre genre est promise. Le matériel se démocratisant, et le marché proposant des casques relativement performants et abordables, les applications du grand public quasi exclusivement tournées vers le jeu vidéo, pour le moment, pourrait, avec la généralisation des tutoriels ou des plates-formes d'apprentissage, rejoindre les batteries de logiciel, support du E-learning.

Apprentissage et évolution

Les logiciels de préhension

Peut-on s'attendre à ce que l'espace virtuel puisse remplacer l'espace réel dans nos écoles pour constituer de véritable centre d'apprentissage ? Il intervient déjà de manière soutenue et centrale dans la rééducation du fonctionnement moteur. Pourra-t-on bientôt « prendre dans la main »les objets représentés sur écran ? Est-il certain que l'expérience simulée puisse assurer une base de représentation des relations spatiales proches de la réalité et contribuer à la réalisation des taches, à des apprentissages et à la construction de certains concepts ? Se dirige-t-on vers des manuels scolaires électroniques et volants ? Les expériences simulées ne sont pas certaines de pouvoir assurer une base de représentation des relations spatiales, kinesthésiques, proches de la réalité et contribuer à la réalisation des taches, à des apprentissages et à la construction de certains concepts. Verra-t-on bientôt les

Serious Games et la réalité augmentée investir les tableaux ? La robotique pédagogique tente déjà de s'emparer des programmes scolaires et, sans la contribution du « tout programmation », où seul le code compte dans un obscurantisme extrême des enjeux pédagogique, ce serait déjà chose faite. C'est tout le travail qu'il reste à faire afin de mettre les nouvelles technologies au service du handicap et en particulier de l'accès aux apprentissages. C'est un champ de recherche aussi vaste que passionnant qu'il faut investir dans l'esprit, l'intérêt et le respect de ceux qu'elle sert. La technologie doit d'abord œuvrer au nom de l'égalité et de l'intégrité des individus, c'est bien en terme politique qu'il faudra codifier afin d'œuvrer contre les tout- puissants de l'informatique qui plaident l'utilisation d'outil d'émancipation uniquement pour servir leurs fins propres et celles de leurs actionnaires, en outrepassant toute éthique et notion de droit commun.

Programme musicale de l'apprentissage de la lecture

Nous avons parlé de désorganisation du traitement de l'information sonore, ce dernier pourrait trouver une certaine résonnance et résilience grâce à d'autres pratiques adaptée comme, par exemple par le biais de la pratique instrumentale. Ce mélodieux méli-mélo pénètre dans le cortex auditif, d'où il résonne dans quasiment tout le cerveau. Inutile en effet de vouloir y trouver un «centre» bien localisé chargé d'interpréter la musique. Les deux hémisphères sont mis à contribution, même s'ils jouent des rôles différents. Le gauche prendrait en charge le rythme, la mélodie et l'harmonie étant plutôt du ressort du droit. Les différents cortex auditifs interpréteraient aussi chacun leur partition, à en croire Robert Zatorre, codirecteur du BRAMS (Laboratory for Brain, Music And Sound Research) de l'Université de Montréal, considéré comme la Mecque en la matière. Le primaire identifierait les éléments fondamentaux de la musique comme la hauteur du son ou le volume. Le secondaire se consacrerait à l'harmonie, à la mélodie et au rythme, puis le tertiaire intégrerait toutes ces informations pour fournir une perception globale du morceau.

Les aires cérébrales dédiées à l'audition ne sont toutefois pas les seules concernées. Il faut y ajouter des aires motrices qui interviennent notamment lorsque l'on joue d'un instrument, des structures comme l'hippocampe (l'un des sièges de la mémoire qui s'active lorsque l'on entend un air familier), des circuits rythmiques du cervelet (qui interviennent lorsque l'on bat la mesure, avec le pied ou dans sa tête), sans oublier des centres du langage, comme la zone de Broca ou celle de Wernicke, qui sont sollicités lorsque l'on écoute une chanson ou que l'on se souvient de ses paroles.

« Les anatomistes seraient bien en peine d'identifier le cerveau d'un artiste plasticien, d'un écrivain ou d'un mathématicien - mais ils reconnaîtraient le cerveau d'un musicien professionnel sans la moindre hésitation » écrit Oliver Sacks. Leur corps calleux (importante commissure qui relie les deux hémisphères) est plus développé, constate-t-il, et « les volumes de matière grise sont plus importants dans les aires corticales motrices, auditives et visuo-spatiales aussi bien que dans le cervelet »

Le déchiffrage est un processus de bas niveau et la lecture-compréhension un processus de haut niveau qui fait intervenir différentes zones plus profondes et plus étendues du cerveau. En musique, la mélodie est un processus de bas niveau et l'harmonie un processus de haut niveau. Ces processus complexes montrant quelques équivalences pour permettent de développer les articulations entre traitement du sens et traitement des émotions. Nous avons pu observer que certains mots qui étaient connus par cœur, et donc auxquels on avait accès de manière logographique, peuvent être oubliés et reconnus après apprentissage du décodage phonologique. Les automatismes ne sont donc pas forcément persistants et peuvent être remplacés par d'autres moins efficaces mais qui sont plus présents ou plus frais puisque dans

la phase active de l'apprentissage - le réseau mnésique se montant, démontant, remontant au fil des sollicitations. Je reprends ici le concept de « dissonance cognitive », en ne le considérant pas dans une acception psychosociologique, comme le distingue Léon Festinger[34], mais dans un cadre psycho-cognitif. C'est-à-dire ce que l'enfant met en place pour que l'ensemble des données qui lui sont communiquées aient une concordance acceptable. C'est important pour la construction des connaissances que l'ensemble possèdent une cohérence afin de construire des connaissances solides, puisque soudées les unes aux autres. Nous l'avons vu les sujets de milieux spécialisé semblaient construire des connaissances désorganisées voire désarticulées. Non seulement ces dernières semblent être isolées et indépendantes mais également dénuées de toute catégorisation et représentation claire. Ces remarques peuvent nous permettent une construction plus avisée des différents méthodes afin de réorganiser et mieux articuler les informations apprises.

Encore une fois, la question de l'organisation peut être travaillée sur les pratiques musicales. Organisation du son qui crée du sens, et celui de la sensation qui produit de l'émotion. L'avantage ici vient de ce que les perceptions sont directes. Lesdites productions des différents sons découlent d'une sémiotique perceptible par tous. Lorsque le sujet peut comprendre et distinguer, découper, diviser et sectionner les différentes parties et surtout les différentes strates, niveau échelles, un système sémiotique plus accessible peut servir de base pour l'apprentissage de celui, plus difficile, de la lecture - qui contient ses propres unités division, niveau paradigme. Une étude sur ces approches permettrait de mieux en mesurer les impacts sur l'inférence dans l'exercice de la lecture.

Sémiotique musicale, sémantique textuelle

Les processus de lecture de partition ont pu mettre en évidence certains universaux sur les dispositifs en vigueur de lecture de texte. Le rythme est universel, on peut l'observer chez les enfants déficients. D'où vient-il ? On peut penser qu'il provient du plaisir de la synchronisation neuronale, d'un réflexe biologique, et que la stimulation répétitive des neurones dans des proportions idéales pour sa modalité de fonctionnement en « décharge-recharge », « dépolarisation-repolarisation », bénéfique pour ces derniers, produirait une sensation de bien-être.

Les neurones appelleraient donc à être sollicités, et les différents domaines qui solliciteraient un grand nombre de neurones procureraient un plaisir que l'homme s'évertue à reproduire. On peut penser à la musique à la drogue ou encore au coït, qui font intervenir un grand nombre de zones du cerveau et une intense activité cérébrale, sans pourtant constituer une opération intellectuelle intense. Aussi la musique, solliciterait-elle des neurones par « familiarité » ou par simple bénéfice de l'effet produit ?

Au-delà de prérequis de lecture, la pratique instrumentale montre des atouts chez les enfants du milieu spécialisé en leur permettant de maîtriser un élément qui convoque directement les émotions. Cette implication permet de mettre du sens sur ce mystère de l'envahissement et de comprendre qu'on peut le contrôler, le magnifier et le transmettre.

[34] Léon Festinger, *La Dissonance cognitive*, *L'échec d'une prophétie* , P.U.F. 1993 Coll. « Psychologie Sociale ». p.175.

Traitements des données et matrices grammiques

Du gramme aux mots

Après l'analyse de nos résultats, nous pouvons faire l'hypothèse que les unités syllabiques possèdent différents niveaux de complexité de déchiffrage selon les sujets. Une étude de Jean-Bernard Aimar et d'Annie Magnan montre également que le traitement phonologique peut être influencé par la forme de ces unités syllabiques qu'ils présentent sous les formes majeures CVC, CV nasalisé, CCV pour les plus complexes, exposant une hiérarchie d'acquisition de ces structures. Ils démontrent par leurs travaux que les erreurs commises tendent à la simplification des structures pour les réduire à la plus élémentaire « CV », qui possède une parfaite correspondance graphophonologique de la même manière que certains aspects articulatoires peuvent être ramenés à des formes phonologiques les plus basiques.

Le langage interne issu du langage oral sert de support à la pensée. Ceux qui perdent la langue orale continuent de penser mais se retrouvent sur des niveaux de pensée moins gratifiants. Ces observations confirment un système pluriel et indépendant qui indique que le bilinguisme peut participer à un chemin vers la lecture en complément ou compensation de la conscience phonémique. En lecture, l'on sait que l'information des niveaux supérieurs agit avec un effet rétrograde sur les niveaux inférieurs et inversement. Il y a également des connexions multidirectionnelles, et il est donc plutôt naturel d'observer des activations communes, même lorsqu'elles ne sont pas nécessaires ou liées directement.

Il peut y avoir différents niveaux ou degrés de relation ou d'analogie ; des observations contraires seraient plus étonnantes. On peut donc plaider pour une génération interactive du lexique au sein du système linguistique cognitif, qui permet de faire évoluer les propriétés de chaque mot, sans modifier l'ensemble du système. La connaissance d'un mot est représentée par une configuration de connexions entre les différentes unités attribuées et peut être modifiée, étendue ou restreinte à tout moment.

Avenir des bigrammes

Le concept de bigramme utilisé au cours de notre travail a une double provenance. La première vient de la linguistique computationnelle qui parle des N-grammes composant un mot, ce dernier étant considéré comme une suite de grammes séparés par deux espaces. La seconde vient du concept de neurones bigrammes de Stanislas Dehaene. Partir de ce qui caractérise le lecteur expert pour l'apprentissage chez des enfants en grande difficulté peut sembler une fausse route. Notre étude montre qu'il y a pourtant un chemin à parcourir pour l'utilisation de ces éléments dans un cadre pédagogique.

L'analyse des bigrammes ainsi que celle de leur fréquence posait le problème des limites à la définition des bigrammes de la langue française. Comment le cerveau peut-il développer une sensibilité à de si petits détails : la cédille de même que l'accent, si petit soit-il, ou le simple point du « i » sont largement perçus, de même que le regard, lors de la lecture, fait preuve d'une acuité visuelle très fine, qui lui permet de repérer les moindres détails de l'écriture dactylographiée.

Ce sont ces deux points qu'il s'agit d'entrainer pour ces sujets en difficulté. L'acuité visuelle et auditive pour le bon discernement des différentes unités de la langue. Leurs liaisons et cohésions pour leur donner une identité en tant que groupement de grammes et pouvoir ainsi automatiser la reconnaissance par entrainement à travers un dispositif d'exercice.

Conclusion

Notre sujet fixait quelques soucis majeurs concernant les choix méthodologiques et la délimitation de notre cadre théorique. Ces différents domaines et champs théoriques se retrouvent et se superposent dans l'analyse. Nous avons souligné la place importante de la clinique qui vient s'inviter dans notre étude de psychologie cognitive. Il faut y adjoindre le champ pédagogique, le champ du handicap et la question du multimédia. Les ouvrages théoriques s'y rapportant s'accordent, divergent et se croisent souvent. Bon nombre de textes sur l'apprentissage de la lecture relevant du domaine de la psychologie cognitive et/ou incorporent les questions d'ergonomie qui procèdent de la didactique.

Cette étude montre que les problèmes que rencontrent les enfants du spécialisé ne résultent pas d'une surcharge cognitive mais que le problème est plus profond - notamment sur des questions de prérequis de langage qui ne se stabilisent pas ainsi que des problèmes de logique de représentation Ainsi tout le travail didactique reste à faire. De nouvelles entrées sont à explorer, comme les nouveaux systèmes d'aide de notre logiciel, qui permet de fournir les sons des éléments affichés.

Les consignes souvent invoquées pour ces apprentissages dans les établissements spécialisés par les études en sciences cognitives sont chronologiquement : l'intensité d'apprentissage, l'entraînement adapté, les objectifs précis et l'introduction du sens. Notre étude préconise un ordre tout à fait contraire (Bettelheim). L'enseignant seul ne peut donner à plusieurs élèves en même temps les correspondances des sons qu'il rencontre de manière individuelle. Notre dispositif prétend pouvoir soutenir le professionnel dans ce travail. Ces supports qui sont encore trop souvent considérés comme des outils d'évaluation ou des outils récréatifs qui permettent de laisser l'élève seul face à la machine sont utilisés pour pallier le surnombre dans les classes ou pour soulager le maître dans sa mission mais rarement comme de vrais supports ou de véritables partenaires pour l'expansion des apprentissages. Ici, plus qu'un test, nous avons exposé une méthode qui va dans ce sens. C'est pourquoi nous avons pris un soin particulier à exposer l'ensemble des tris, manipulations, sélection et programmation qui ont permis notre analyse.

Dans notre **première expérience,** le dispositif évalue scientifiquement des enfants du milieu ordinaire présentant des difficultés d'entrée dans la lecture. Les données permettront de définir s'il y a une accélération de la reconnaissance des bigrammes au fur et à mesure que l'association se met en place. La mesure des temps de réalisation et le nombre d'erreurs lors de l'entraînement ainsi que l'utilisation de certaines aides seront un indicateur de la mise en place du réseau d'association. Certaines utilisations d'aides ou stratégies de navigation et d'exploration du logiciel se sont montrées plus pertinentes que d'autres. Les données par niveau d'exercice, les données globales, les données niveau d'exercice, la statistique bonne/mauvaise réponse par exercice, les bonnes/mauvaises réponses en %, les données évènements par exercice, les données globales. Elle ouvrira ensuite sur d'autres tests plus spécifiques, resserrant le focus sur les compétences préalables du déchiffrage afin de mieux comprendre les effets d'échecs et de réussites et la contingence suffisante pour la mémorisation. Nous voyons dans l'analyse du détail que les éléments d'aides bien utilisés en début de session disparaissent par la suite et modifient l'utilisation de ces fonctions. La logique acquise permet à la plupart des élèves de continuer à évoluer dans le système sans montrer une utilisation croissante des systèmes d'aide ou de navigation.

L'expérience 2 est une expérience comparative sur les populations de milieu spécialisé et de milieu ordinaire. De nombreuses écoles sont sollicitées et dégagent quatre groupes différents testant deux dispositifs « VersionA » et « VersionB » du logiciel après la reconfiguration à partir des données de l'expérience 1. L'interprétation des données ainsi que la synthèse des données milieu ordinaire vs IME montrent que les aides bigrammes, sollicitées par tous les groupes à différents endroits sont réellement l'outil qui permet les solutions et sont utilisés à tous les niveaux des exercices. Les sujets d'IME ne semblent pas préparés à distinguer une cohérence ou incohérence. La moyenne des rappels de consigne peut être révélatrice d'une difficulté à conserver les consignes en mémoire. On note que malgré la suppression de la charge mnésique nécessaire un déficit sur l'organisation des informations émerge clairement et la progression des enfants d'IME reste hésitante.

L'expérience 3 présente un test de restitution sur les mots entrainés et non entrainés au cours des exercices. Le logiciel permet de comparer les paires qui ont déjà fait l'objet de reconnaissance dans des exercices précédents et de voir le nombre de ces paires dans les exercices à venir. Le logiciel mesure le temps de lecture et les réponses. Nous pouvons ainsi étudier la pertinence de proximité de certains mots ainsi que la corrélation des performances sur les mots appris et les mots non connus. Les données vont examiner ces résultats avec les résultats de l'expérience 2. L'ensemble des résultats de ces ANOVA ne montrent aucune valeur significative et peu de corrélations. L'étude de ces données semble montrer que les éléments proposés ne comportent pas tous le même niveau de complexité pour les élèves et que ces derniers ont une certaine tendance à les modifier dans le sens d'une simplification qui leur est propre. Nous pouvons relater une variation notable pour les groupes d'IME en fonction du type de version sur lesquels ils ont travaillés.

Aussi pourra-t-on émettre l'hypothèse que la déficience entraînant des difficultés d'apprentissage ne provient pas du fait que la lecture exige un traitement trop importants, engageant une surcharge cognitive, mais plutôt que le cerveau ne parvient pas à mettre en place le réseau efficace pour l'exécution de cette tâche. Le désordre pathologique sur ces apprentissages serait d'ordre qualitatif plutôt que quantitatif. Les différences de performances sont plutôt sur les distributions de réponses que sur les stratégies de lecture. Aussi, si les données renvoient des éléments connotant des troubles de l'apprentissage, elles n'apparaissent pas forcement sur les points d'apprentissage attendus.

Expérience 4, tests d'écriture des mots entrainés avec système d'aide s'appliquant sur quelques sujets particuliers. Le test de restitution vise surtout les sujets d'IME. Une seconde manipulation de cette partie permet d'obtenir le listing des circonstances d'un bigramme donné. Cette dernière manipulation va nous permettre de faire un focus sur quelques sujets afin de comprendre leur parcours et d'établir un schéma de la construction des « neurones bigrammes ». Nous pouvons faire le choix de la traçabilité d'un bigramme sur lequel le sujet présente des difficultés ou une progression particulière. La restitution des données est révélatrice d'obstacles pour les élèves d'IME où la progression ne permet pas la reconnaissance des mots hors « aide logiciel ». L'ensemble des études a permis de dégager différentes types de difficultés rencontrées par le sujet. Les valeurs statistiques n'indiquent cependant pas de corrélation entre les mauvaises réponses et les scores pour l'écriture de mots. Aussi, l'ensemble des entrainements effectués n'a pas permis un ancrage mnésique complet des bigrammes rencontrés. Cette manipulation complexe nous a permis de revenir sur des points précis des résultats du test 3 et de tenter de comprendre la construction des apprentissages grâce à l'appréhension par calcul du nombre total de N-grammes vus et

entendus pour arriver à une automatisation. Les mots ne sont pas pensés en bloc d'unité pour les sujets d'IME mais semblent plutôt se rattacher à une multitude d'indices éparpillés dans la sphère de perception et de compréhension. Un son reconnu vient parfois parasiter la reconnaissance et incite aux mauvaises réponses.

Pour répondre à notre hypothèse principale, nous avons vu que l'entrainememnt sur LECTUS a un effet sur les autres bigrammes et sur les bigrammes non connus chez les sujet du milieu ordinaire mais pas chez les sujets d'IME. Cette étude montre que les problèmes que rencontrent les enfants du spécialisé ne résultent pas d'une surcharge cognitive mais d'une difficulté plus profonde. Notamment de prérequis de langage qui ne se stabilisent pas ainsi que des problèmes de logique de représentation Ainsi tout le travail didactique reste à faire. De nouvelles entrées sont à explorer, comme les nouveaux systèmes d'aide de notre logiciel, qui permet de fournir les sons des éléments affichés. La prise en charge par le logiciel éducatif de l'échange avec l'apprenant doit être au cœur du travail de l'informatique pédagogique.

Nous sommes convaincus que la connaissance et la compréhension des difficultés dans les apprentissages ciblés telle que la lecture va éclairer notre compréhension sur un champ plus large des apprentissages. Déjà, notre perception des difficultés rencontrés sont devenu plus précise et plus ciblés au niveau des déficits dans les pré-requis qui perturbaient ces apprentissages. Plutôt qu'une déficience globale, nous avons pu cibler des déficiences précises avec des différents degrés selon les sujets.

Nous avons vu que l'ensemble des entrainements effectués n'a pas permis à ce stade un ancrage mnésique des paires de consonne-voyelle rencontrées. Toutefois, une amorce semble s'être produite sans pouvoir être clairement déterminée par la statistique mais plutôt par l'observation des enseignants sur le terrain. Rappelons que les sujets d'IME sont en échec d'apprentissage du déchiffrage depuis plusieurs années. Plus de dix ans pour certains. Les cycles d'apprentissage se construisent sur des échelles totalement différentes de celles utilisées lors des études en psychologie ou en sciences de l'éducation sur le terrain. Une étude plus longue pourrait permettre de déterminer les éléments pertinents d'une évolution réelle pour certains sujets allant au-delà des premières observations obtenues par nos expériences. Les protocoles conservés en place dans certaines écoles pourraient livrer des résultats intéressants dans les prochaines années.

Références

Ackermann, E., 1991. The “Agency” Model of Transactions : Toward an Understanding of Children’s Theory of Control, in Harel I., Papert S. (Eds.), Constructionism. Ablex Publisher, Norwood, NJ.

Ackermann, E.,. Constructivisme et constructionnisme : quelle différence? Actes du colloque “Constructivismes: usages et perspectives en éducation”, 4-8 Septembre 2000, Genève, Suisse, 1, 85-97.

Adams, B., Breazeal, C., Brooks, R.A., Scassellati, B., 2000. Humanoid Robots : A New Kind of Tool. IEEE Intelligent Systems and Their Applications: Special Issue on Humanoid Robotics 15(4) 25—31.

Adams, M. J. (1990). Beginning to read : Thinking and learning about print. Cambridge, MA : The MIT Press.

Albero B. (1998). Les centres de ressources Langues : interface entre matérialité et virtualité. Etudes de Linguistique appliquée, 112, 469-482.

Alegria, J., & Morais, J. (1989). Analyse segmentale et acquisition de la lecture. In L. Rieben & C. A. Perfetti (Eds), L’apprenti lecteur : recherches empiriques et implications pédagogiques. Neuchâtel et Paris : Delachaux & Niestlé.

Anis J. (1995). Le traitement de texte : écriture ou méta-écriture ? Repères, 11, 15-27.

Approches différentielles en psychologie, [actes des XIIIe Journées de psychologie différentielle organisées à Paris les 2, 3,4 septembre 1998 par les équipes de Psychologie Différentielle de l'INETOP et de l'université de Paris V-René Descartes] ; publié ss la dir. de Michel Huteau et Jacques Lautrey par Huteau, Michel (1936).

Baccino Thierry Et Véronique Drai-Zerbib, La Lecture Numérique, Pug - Collection : Sciences Cognitives - 2eme édition - Septembre 2015

Baddeley, A.D. (1986). Working memory.Oxford: Oxford University Press.

Baddeley, A.D. et al. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. Journal of Experimental Psychology: General, 130, 641-657.

Bakhtine M. (1977). Marxisme et philosophie du langage. Paris : Editions de Minuit.

Balota, Yap, Cortese, Hutchinson, Kessler, Loftis, Neely, Nelson, Simpson & Treiman, (2007) ; Mega corpus en anglais « the english lexicon project », http://elexicon.wustl.edu

Barbier M. -L, JAL- JAL F., Pilotat A., Agostinelli S. (1993). Hypertexte et réseau : une expérience sur la rédaction interactive de textes. Enseignement Publique et Informatique, 72, 89-95.

Barbot M. -J. (2000). Les auto-apprentissages. Paris, CLE International.

Baron G. -L. (1997). Les nouvelles technologies, permanences ou changement. Editorial. Recherche et Formation, 26, 5-10.

Barsalou LW. Grounded cognition. Ann Rev Psychol 2008 ; 59 : 617-45.

Bellefroid B de, la segmentation de mot chez l’enfant, archive de Psychologie, XLVII, 180, 1979.

BEN. Robins. Encourager les capacités d’interaction sociale chez des enfants avec autisme jouant avec des robots, in L'enfant, le robot et l'ordinateur, enfance vol.59 [en ligne] Cairn Info, Consulté le 30/11/2011. Revue. Disponible sur Internet : http://www.cairn.info/revue-enfance-2007- 1-p-72.htm

BEN. Robins. Encourager les capacités d'interaction sociale chez des enfants avec autisme jouant avec des robots, in L'enfant, le robot et l'ordinateur, enfance vol.59 [en ligne] Cairn Info, Consulté le 30/11/2011. Revue. Disponible sur internet : http://www.cairn.info/revue-enfance-2007-1-p-72.htm

Benois, C., & Jover, M. (2006). Dysfonctionnement visuo-spatial chez l'enfant : cadre nosographique, dépistage et rééducation. In J., Corraze & J-M., Albaret (Eds), Entretiens de Bichat : Entretiens de Psychomotricité 2006 (pp. 69-81). Paris : Expansion Scientifique Française.

Benoit, H., et Sagot, J., (2008) Adaptation et scolarisation des élèves handicapés (ASH) : PDA et accessibilité, CNDP-CRDP,

Benoit, H., et Sagot, J., (2008), L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés, La Nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation-numéro 43, octobre 2008, INSHEA.

Bernard Charlot, le rapport au savoir, élément pour une théorie, Anthropos Education Poche, Paris, 1997.

Bialystok, E., & Majumder, S. (1998). The relationship between bilingualism and the development of cognitive processes in problem solving. Applied Psycholinguistics, 19, 69-85.

Blin F. (1998). Les enjeux d'une formation autonomisante de l'apprenant en environnement multimédia. Etudes de linguistique appliquée, 110, 215-226.

Bliss T. et G. Collingridge, A Synaptic Model of Memory : Long-term Potentiation in the Hippocampus, in Nature, vol. 361, pp. 31-39, 1993.

Bonnel, B., Vive la robolution. Editions JCLattès, paris, 2010.

Bordalo, I., Ginestet, J.P., 2006. Pour une pédagogie du projet. Hachette Education.

Brammerts H. (1995). L'approche communicative et l'ordinateur. Etudes de Linguistique appliquée, 100, 67-77.

Breazeal, C. Socially intelligent robots. Interactions 12(2), 2005.

Bru, M., Donnay, J., Recherches, pratiques et savoirs en éducation. Bruxelles, De Boeck 2002.

Bruillard E. (1997). Les machines à enseigner. Paris : Hermès.

Bruillard E., Baldner J. -M., Baron G. -L. (Eds.), (1996). Hypermédias et apprentissage, 3. Paris : INRP.

Bruillard E., La Passardiere B. de (1994). Hypermédias et éducation : des repères. Sciences et Techniques Educatives, 1 (1), 17-37.

Burger D., P. Buhagiar, S. Césarano, J. Sagot, "Tactison : a multimedia tool for early learning", in New technologies in the education of the visually handicapped, coédition INSERM/John Libbey Eurotext vol. 237, p. 237-242, 1996.

Callens, S. (2002). Des bons et des mauvais usages de la mesure de l'Homme. in Musee D'histoire Naturelle De Lille. La mesure de l'Homme. Instruments et tests du musée d'Histoire naturelle de Lille. Paris : Somogy Editions d'art.

Caro S., Betrancourt M. (1998). Ergonomie des documents techniques informatisés : expériences et recommandations sur l'utilisation des organisateurs paralinguistiques. In A. Tricot, J. -F. Rouet (Eds.), Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques (p. 123-138). Paris : Hermès.

Caron-Pargue J., Caron J. (1989). Processus psycholinguistiques et analyse des verbalisations dans une tâche cognitive. Archives de Psychologie, 57, 3-32.

Cassalegno F. (1996). Le processus d'apprentissage et de socialisation en réseau. Sociétés, 54, 353-364.

Cazade A . (1999). De l'usage des courbes sonores et autres supports graphiques pour aider l'apprenant en langues. ALSIC, 2 (2), 3-32. Revue en ligne : http://alsic.univ-fcomte.fr.

Chang, C.-W., Lee, J.-H., Chao, P.-Y., Wang, C.-Y., & Chen, G.-D., Exploring the Possibility of Using Humanoid Robots as Instructional Tools for Teaching a Second Language in Primary School. Educational Technology & Society, 2010.

Charlier B. Péraya D.[eds] Technolgoe et innovation en pédagogie: Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement superieur. De Boeck, 2002.

Chartier Phillippe & Even Loarer, Evaluer l'intelligence logique, Approche cognitive et dynamique, DUNOD, Paris, 2008

Chartier Phillippe & Even Loarer, Évaluer l'intelligence logique, Approche cognitive et dynamique, DUNOD, Paris, 2008

Chartier Phillippe & Even Loarer, Evaluer l'intelligence logique, Approche cognitive et dynamique, DUNOD, Paris, 2008.

Chenevez O. (1999). La Pédagogie n'est pas livrée avec L'ordinateur. Cahiers Pédagogiques, 376/377, 24-27.

Chevallier Y., Derville B., Perrin D. (1997). Vers une conceptualisation des apprentissages assistés ? IN P. Oudart (Ed.), Multimédia, réseau et formation (p. 132-137). Numéro spécial du Français dans le Monde, Recherches et applications. Paris, Hachette EDICEF.

Colé P., J. Leybaert, L. Sprenger-Charolles & M-A Schelstraete (Eds), « Apprentissage de la lecture et pathologies du langage oral », Presses Universitaires de Grenoble (PUG).

Collinot R., Saustier A. (1991). Une approche des textes par l'hypertexte. In B de la Passardiere, G.-L Baron (Eds.), Hypermédias et apprentissages (p. 157-165). Paris : INRP MASI.

Colomb Jacques, Roland Charnay, Jacques Douaire, Dominique Valentin, Jean-Claude Guillaume, Apprentissage numériques, cycle des apprentissages, grande section maternelle, Edition Hatier ERMEL, Paris, 2005

Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), Strategies of information processing. New York : Academic Press.

Content, A., & Zesiger, P. (1999). Acquisition du langage écrit. In J. A. Rondal & X. Seron (Eds), Troubles du langage. Bases théoriques, diagnostic et rééducation. Liège : Mardaga.

Cook A.M., B. Bentz, N. Harbottle, C. Lynch, and B. Miller, School-Based use of a robotic arm system by children with disabilities, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 13(4) (2005), 452-460.

Cook A.M., K. Adams, J. Volden, N. Harbottle, and C. Harbottle, Using Lego robots to estimate cognitive ability in children who have severe physical disabilities, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology (2010) Early Online, 1-9.

Cook A.M., P. Hoseit, K.M Liu, R.Y. Lee, and C.M Zenteno-Sanchez, Using a robotic arm system to facilitate learning in very young disabled children, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 35 (1988), 132-137.

Cowan, N (1999). An Embedded-Processes Model of Working, Memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control. Cambridge: Cambridge University Press.

Crinon J. (2001) .des environnements logiciels pour mieux écrire . IN J.Crinon et

Crinon J. 1993. Lire pour écrire , écrire pour être lu. Cahiers pédagogique, 314/315,60-63.

Crinon J. , Legros .Pachets S., vigne h. (1996). Etude des effets de deux modes de navigation dans un logiciel d'aide à la réécriture .In 'E. brouillard ,j .-Balder ,G-L Baron(Eds), hypermédias et apprentissage, 3(p.73-84.Paris :INRP.

Crommelinck M, Guitton D - Oculomotricité. In: Richelle M, Requin J, Robert M (Eds.), Traité de psychologie expérimentale (pp. 657-728). Paris : P.U.F. 1994

Crommelinck M, Guitton D - Oculomotricité. In: Richelle M, Requin J, Robert M (Eds.), Traité de psychologie expérimentale (pp. 657-728). Paris : P.U.F. 1994.

Damasio AR. Time-locked multiregional retroactivation: a systems-levels proposal for the neural substrates of recall and recogniton. Cognition 1989 ; 33 : 25-62.

Damasio, A.R. (1995). L'erreur de Descartes : la raison des émotions. Paris: Editions Odile Jacob.

Danlos L, Linguistique Informatique - Traduction automatique, Ed. Y. Michaud, Qu'est-ce que l'humain ?, vol2, Odile Jacob, Paris, .

Danvers, F. (1985). Histoire des services d'orientation dans l'académie de Lille (3 volumes). Thèse de doctorat en Sciences de l'Education - Lille 3.

Dautenhahn, K., Werry, I. A Quantitative Technique for Analysing Robot-Human Interactions. Proc. IROS2002, Lausanne, 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1132-1138, IEEE Press, 2002.

De Vries E.,. Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail. Revue française de pédagogie, n°137, 2001.

Dehaene Stanislas, les neurones de la lecture, Ed. Odile Jacob, Paris, 2007

Delahaie, M., Billard, C., Tichet, J., Royer, B., Gillet, P., Vol, S., Pointeau, S., & D'Hour, A. (2001). Dyslexie développementale : un problème de santé publique, ANAE, 62-63, 70-72.

Demaizaire.,Foucher A.-L. (1998). .Individualisation et initiative de l'apprenant dans des environnement d'apprentissage ouvert. Etudes de Linguistique appliquée, 110, 227-236.

Demont Elisabeth et Jean-Emile Gombert, L'apprentissage de la lecture : évolution des procédures et apprentissage implicite, PUF, Article de la revue « Enfance », 2004, vol 56,

Denis, B., Baron, G.L.,. Regards sur la Robotique pédagogique. Actes du quatrième colloque sur la robotique pédagogique. Paris : INRP, 1994.

Depover C.,Quintin J.J. , De Lievre B. (2000). La conception des d'apprentissage de la théorie à la pratique /de la théorie . ALSIC, 3(1) . EN ligne : http://alsic.univfcomte.fr /Num5/depover /défaut.htm.

Deshayes S. ,Le Marec J. , Pouts -Lajus S., Tievant S. (1998) observation et analyse d'usage des réseaux. : Paris : Ministère de la culture et de la communication et ministère de l'éducation nationale, de la Recherche et de la technologie. en ligne : http://www.culture.FR/ culture /mrt/bibliothèque /ddf/ddf.htm.

Dessailly, J. (1997). Evolution des techniques d'observation de l'homme en psychologie 1850-1950. Mémoire Decop, UFR de psychologie - Lille 3.

Doise W. , Mugny G.(1984, 2ème édition) le développement social de l'intelligence. Paris : InterEditions.

Doquet C. (1993) Aide à l'écriture et genèse du texte . Les Entretiens Nathan IV Parole, écrit, image. Paris : Nathan.

Écalle, J., & Magnan, A. (2002). L'apprentissage de la lecture. Paris : Colin.

Eco U. (1991) l'ordinateur est proustien, spirituel et masturbatoire. Dossier : la revanche des livres, Le Nouvel Observateur, 1406.

Ehri, L. (1989). Apprendre à lire et écrire des mots. In L. Rieben & C. Perfetti (Eds), L'apprenti lecteur : recherches empiriques et implications pédagogiques.Neuchâtel et Paris : Delachaux & Niestlé.

Eisenberg, & A.L. Benton (Eds.), Frontal lobe function and dysfunction (pp.171-187). New York: Oxford University Press.

Emilia Ferrero, M. Gomez Palacio et coll., Lire-écrire à l'école, Comment s'y apprennent-ils ?, analyse des perturbations dans les processus d'apprentissage de la lecture et de l'écriture, recherche

conduite au Mexique par la direction générale de l'éducation spéciale, 1982, centre régional de documentation pédagogique, Lyon, 1988.

En ligne : Http://www.Educnet.Education. FR/documentation/etude/spl-st.htm.

Engle, R.W. (2002). Working memory capacity as executive attention. Current Directions in Psychological Science, 11, 19-23.

Engle, R.W. (2002). Working memory capacity as executive attention. Current Directions in Psychological Science, 11, 19-23.

Engler Rudolf, Cours de linguistique générale, édition critique, Wiesbaden, Otto Harrassowitz, Tome 1, 1967 ; tome 2, 1974.

Fabre M. (1999). Les situations-problèmes et savoir scolaire. Paris ; PUF .

Farah M, McClelland J. A computational model of semantic memory impairment: modality specificity and emergent category specificity. J Exp Psychol 1991 ; 120 : 339-57.

Fayol M., Gombert J.-E., Lecocq P., Sprenger-Charolles L. et Zagar D., Psychologie cognitive de la lecture, PUF, 1992.

Ferrand, Ludovic, Psychologie cognitive de la lecture : reconnaissance des mots écrits chez l'adulte / Ludovic Ferrand, [Nouvelle éd. revue et augmentée], Ed. De Boeck, coll « ouverture psychologiques »,

Festinger Léon, La dissonance cognitive, « L'échec d'une prophétie », P.U.F. 1993 Coll. « Psychologie Sociale ».

Forman, G., Pufall, P. B., (Eds.),. Constructivism in the computer age. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988.

Foucauld Michel, Les mots et les choses, Une archéologie des sciences humaines, Collection Bibliothèque des Sciences humaines, Gallimard, 1966.

Frangou, S., Papanikolaou, K., Aravecchia, L., Montel, L., Ionita, S., Arlegui, J., Pina, A., Menegatti, E., Moro, M., Monfalcon, S., Fava, N., Pagello, I.Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach in Proceedings of the SIMPAR 2008 Conference/Workshop Teaching Robotics: didactic approaches and experiences.

Frazer, A., Molinoff, P.B., Winokur, A. (eds) (1994). Biological Bases of Brain Function and Disease. New York : Raven Press.

FRITH Uta, La Remédiation Cognitive Assistée par Ordinateur en Psychopathologie, Beneath the surface of developmental dyslexia, in K.E. Patterson, J.C. Marshall,& M. Coltheart (Eds.), Surface dyslexia. Cognitive and neuropsychological studies of phonological reading. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum, 1985

Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J. Marshall & M. Coltheart (Eds), Surface dyslexia (pp. 301-330). Londres : Erlbaum.

Fürstenberg G. (1997). Scénarios d'exploitation pédagogique. In p .Oudart (ED.), Multimédia, réseaux et formation. Numéro spécial du Français dans le monde, recherches et applications (p. 64-75) Paris ; Hachette Edicef .

Gagné, P.P., Leblanc, N., Rousseau, A., Apprendre ... Une question de stratégies : développer les habiletés liées aux fonctions exécutives. Montréal : Chenelière, 2009.

Gaudiello, I., Tijus, C., Zibetti, E., (soumis). Du schéma d'action à la symbolisation : programmer des tâches robotiques pour favoriser l'apprentissage de l'arithmétique élémentaire. Actes SFP 2011.

Gaudiello, I., Zibetti, E., Carrignon, S. (soumis). Representations to go. Learning robotics, learning by robotics: a proposal for a new approach. 2nd International Conférence on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots, SIMPAR 2010.

Gautelier C. (Eds.), Apprendre avec le multimédia et internet (p.81-96).PARIS :Retz.

Gérard Christophe-Loïc, Clinique des troubles des apprentissages, De l'évaluation neuropsychologique à la programmation éducative, Question de personne, collection Neuropsychologie, 2011.

Gerard Christophe-Loïc, Clinique des troubles des apprentissages, De l'évaluation neuropsychologique à la programmation éducative, Question de personne, collection Neuropsychologie, 2010.

Giamarchi Frédéric, Je construis mon robot sumo : bases techniques, programmation et réalisation , [Paris]: ETSF, Éd. techniques et scientifiques françaises, 2011.

Goigoux, R. Apprendre à lire à l'école : les limites d'une approche idéovisuelle. Psychologie française, 45, 235-245, 2000.

Golder Caroline et Daniel Gaonac'h, Profession enseignant, lire et comprendre, Coll. « Psychologie de la lecture », Paris, 2000

Gombert J-E (1990). Le développement métalinguistique, Paris ; PUF.

Gombert, J.-É. (1990). Le développement métalinguistique. Paris : PUF.

Gombert, J.-É. (2003). L'apprentissage des codes grapho-phonologique et grapho-sémantique en lecture. In M. N. Romdhane, J.-É. Gombert & M. Belajouza (Eds), L'apprentissage de la lecture : perspectives comparatives (pp. 19-34). Rennes : PUR, collection « Psychologies ».

Gombert, J.-É., Bryant, P. E., & Warrick, N. (1997). Les analogies dans l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds), Des orthographes et leur acquisition. Paris : Delachaux & Niestlé.

Gould, S.J. (). La mal mesure de l'homme. Paris : O. Jacob. Demeuse, Danvers et Cnudde Une brève histoire, 1997.

Gregoire R. Bracewell R. Laferrière T. (1996). L'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) à l'apprentissage des élèves du primaire et du secondaire. Revue documentaire de l'Université Laval McGill.

Grumbach Alain, Cognition artificielle, Du réflexe à la réflexion, Editions Addison-Wesley, France, janvier 1994,

Guillaume P. (1927). Les débuts de la phrase dans le langage de l'enfant. Bulletin de Psychologie normale et pathologique, 24, p.1-25.

Guimard Marie, Exploration des visages dans l'autisme : étude en suivi du regard et corrélats cliniques, thèse doctorale, 2011

Harris, M., & Coltheart, M. (1986). Language processing in children and adults : An introduction. London : Routledge & Kegan.

Heudin, J.C.,. La Vie artificielle. Hermès Science, Paris, 1994.

Hoffman Guy, Cynthia Breazeal: Effects of anticipatory perceptual simulation on practiced human-robot tasks. Auton. Robots, 403-423 (2010)

http: //tact.fse.ulaval.ca/fr /html/apport/apport96.html. Groupe Eva (1996). De l'évaluation à la réécriture. Paris : Hachette.

Huber, M.,. Apprendre en projets: la pédagogie du projet élèves. Lyon, Chronique Sociale. 1999

Jill P. Morford ; Erin Wilkinson ; Agnes Villwock ; Pilar Piñar ; Judith F. Kroll, When deaf signers read English: Do written words activate their sign translations ? Journal : « Cognition », 2010.

John T. E. Richardson, Randall W. Engle, Lynn Hasher, Robert H. Logie, Ellen R. Stoltzfus, and Rose T. Zacks, the Inhibition Resource Hypothesis, Working Memory and Human Cognition, Collection : Counterpoints: Cognition, Memory, and Language, 1996.

Johnson M., C. Wilhelm, D. Eisert, and D. Halperin-Phillips, Assessment of children with motor impairments, in R. Simeonsson and S. Rosenthal, Psychological and developmental assessment: children with disabilities and chronic conditions, New York: The Guilford Press, 2001, 205-224.

Jumel Bernard & Florence Savournin, L'Aide-Mémoire du WISC-IV, conditions d'utilisation, méthode d'interprétation, examen psychopathologique, 2ème édition, DUNOD, Paris, 2008

Kamila Eimerl, l'informatique Educative, Cheminements dans l'apprentissage, Ed. Armand Colin, Paris, p. 76.

Klassner, F., Anderson, S.,. Lego MindStorms: Not Just for K-12 Anymore" IEEE Robotics and Automation Magazine 10(2), 12-18, 2003.

Kron-Sperl V., Schneider W, Hasselhorn M. () The development and effectiveness of memory strategies in kindergarten and elementary school: Findings from the Wurzburg and G¨ottingen longitudinal memory studies Cognitive Development 23,79-104, 2008.

Laine France. Perception et imitation du mouvement dans l'autisme : une question de temps : [en ligne] Cairn.info. Consulté le 31/11/2011. Revue, 112p . Disponible sur Internet : http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=ENF_602_0140

Landreville G. (1995). Traitement de texte et apprentissage de l'écriture : ce que dit la recherche. In C. Hopper, C, Vandendorpe (Eds). Aides informatisées à l'écriture (p.23-34) Montréal : Editions Logiques. Lapointe J.(1993). L'approche systémique et la technologie de l'éducation. In les fondements de la technologie éducative (p.54 - 87), Educatechnologiques. Université Laval, 1. En ligne : http:// www. Fse .ulaval. Ca /fac/ten/Reveduc/html/vol1/no1/apsyst/html.

Laroche S. et B. Deweer, La mémoire chez l'homme et chez l'animal, in Traité de psychologie expérimentale, sous la direction de M. Richelle, J. Requin et M. Robert, pp. 473-521, Presses universitaires de France, 1994.

Laroche Serge dirige le Laboratoire de neurobiologie de l'apprentissage et de la mémoire, unité X1491, à l'Université Paris Sud, à Orsay.

Latour B. (1989). La science en action, Paris : La Découverte.

Laurier M. (1998). Méthodologie d'évaluation dans des contextes d'apprentissage des langues assistés par des environnements informatiques multimédias. Études de linguistique appliquée, 110, 247-255.

Lautrey Jacques, Institut national d'étude du travail et d'orientation professionnelle., Groupe de recherche en psychologie différentielle de l'Université de Rennes 2., Association pour le développement de la recherche fondamentale et appliquée en psychologie différentielle, Journées de psychologie différentielle 1999 : Paris, Presses universitaires de Rennes, 1999.

Lautrey Jacques, Institut national d'étude du travail et d'orientation professionnelle., Groupe de recherche en psychologie différentielle de l'Université de Rennes 2., Association pour le développement de la recherche fondamentale et appliquée en psychologie différentielle, Journées de psychologie différentielle 1999 : Paris, Presses universitaires de Rennes, 1999

Lautrey, J. Les tests d'intelligence. Paris : La Découverte, 1997.

Lautrey, Jacques, Institut national d'étude du travail et d'orientation professionnelle. Groupe de recherche en psychologie différentielle de l'Université de Rennes 2., Association pour le développement de la recherche fondamentale et appliquée en psychologie différentielle, Journées de psychologie différentielle 1999 : Paris, Presses universitaires de Rennes, 1999.

Lebrun M. (1999). Des technologies pour enseigner et appendre. Paris, Bruxelles : De Boeck.

Lecocq p., Watteau N., Apprentissage de la lecture et compréhension d'énoncés, Lille, Presses universitaires du Septentrion, 1996.

Lee Jun Ki , Walter Dan Stiehl, Robert Lopez Toscano, Cynthia Breazeal: Semi-Autonomous Robot Avatar as a Medium for Family Communication and Education. Advanced Robotics 23(14): 1925-1949 (2009)

Legros D. (1997). La construction des connaissances par le multimédia. In j. Crinon et C. Gautellier (Éds.), Apprendre avec le multimédia (p. 181-191). Paris : Retz.

Legros D. (1997). La construction des connaissances par le multimédia. In j. Crinon et C. Gautellier (Éds.), Apprendre avec le multimédia (p. 181-191). Paris : Retz.

Legros D. Baudet S. (1996). Le rôle des modalisateurs épistémiques dans l'attribution de la vérité propositionnelle. International journal of Psychlogy, 31 (6), 235-254.

Lerbet -Sereni F. (1997). Les régulations de la relation pédagogique. Paris : L'Harmattan.

Les Robots thérapeutiques : un remède contre la démence, Arte, première diffusion du Vendredi 16 septembre 2011, 22h20

Lund, H.H., Miglino, O., Pagliarini, L. Billard, A., 1998. Evolutionary Robotics - A Children's Game. In Proceedings of IEEE 5th International Conference on Evolutionary Computation. IEEE Press, 1998.

Maître de Pembroke E., Legros D. (2001). Multimédias, multimodalité et construction des connaissances. IN J. Crinon, C, Gaitellier (Eds), Apprendre avec le multimédia et Internet 193-202) Paris: Retz.

Mangenot F. (1998).réseau Internet et apprentissage du français. Etudes de Linguistique Appliquée, 110, 205 -214.

Marec-Breton, N., Gombert, J.-É., & Colé, P. (soumis). Traitements morphologiques lors de la reconnaissance des mots écrits chez des apprentis lecteurs.

Marsh, G., Friedman, M., Welch, V., & Desberg, P. (1981). A cognitive developmental theory of reading acquisition. In G. E. Mackinnon & T. G. Waller (Eds), Reading research : Advances in theory and practice, vol. 3. Hillsdale, NY : Lawrence Erlbaum.

Martin, O. (1997). La mesure de l'esprit. Paris : L'Harmattan.

Mataric, M.J., Robotics Education for All Ages. Proceedings AAAI Spring Symposium on Accessible, Hands-on AI and Robotics Education, Palo Alto, CA, Mar 22-24, 2004.

Meschonnic Henri, Critique du rythme, Anthropologie historique du langage, Verdier, Paris, 1982.

Montaigne Michel Eyquem, Les Essais, P. Villey et V.-L. Saulnier éd., P.U.F., Paris, 1965 ; Œuvres complètes, A. Thibaudet et M. Rat éd., coll. La Pléiade,

Morais J. L'Art de lire, Éditions Odile Jacob, 1994.

Morais, J., & Robillard (1998). Apprendre à lire. Paris : Odile Jacob, CNDP.

Morton, J. (1990). An information-processing account of reading acquisition. In A. M. Galaburda (Ed.), From reading to neurons. Cambridge, MA : The MIT Press.

Nicolas, S., & Perruchet, P. (Eds, 1998). Mémoire et apprentissage implicite. Numéro spécial de Psychologie française, 43.

Nicolas, S., Mémoire et conscience. Paris : A. Colin, 2003.

Nicolet M ; Genevay E Gervaix P.(1992). Ordinateur et révisions de texte. Lausanne : Centre Vaudois de Recherche Pédagogiques.

Orivel F Gonon M. (2000). Les usage de la micro-informatique et d'Internet dans les école primaire francophones. Education et Formation, 56, 85-92

Oury F ;Vasguez A.(1971).Vers une pédagogique institutionnelle. Paris : François Maspéro

Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab : The case of orthographic regularities. Journal of Experimental Psychology : General, 130, 401-426.

Papert S.(1994).L'enfant et la machine à connaître : repenser l'école à l'ére de l'ordinateur. Paris, Dunod.

Papert, S., 2000. The future of school.

PHILOO. Le Robot Pleo arrive en France !. [en ligne] Robot Blog, Mise à jour le 22/10/2008. Consulté le 30/11/2011. Blog. Disponible sur internet :

Piaget, J., Adaption and Intelligence. University of Chicago Press, Chicago, 1974.

Piaget, J., Psychology and Epistemology: Towards a Theory of Knowledge. Harmondsworth: Penguin, 1972.

Piaget, J., The Origins of Intelligence in Children. International University Press, New York. 1952

Piaget, J., To understand is to invent. New York: Basic Books, 1974.

Pichot, P., Les tests mentaux en psychiatrie. Paris : PUF, 1949.

Plane S. (1994). Ordinateur et travail de réécriture. Le Français aujourd'Hui, 408, 50-59.

Plane S. (1995). Pratiques sociales expertes et dispositifs didactiques d'écriture sur traitement de texte. Repères, 11,103-1123.

Polya, G., Comment poser et résoudre un problème. Paris, Jacques Gabay, 2007.

Pothier M. Les représentations des enseignants confrontées à celles des apprenant : de l'expérimentation d'un logiciel à la conception argumentée d'un autre produit. In R. Bouchard, F. Mangenot (Éds), Interaction, interactivité et multimédia. Cinquième journée Neq (Notions en questions en didactique des langues). Lyon : ENS -Éditions.

Pouts-Lajus S. Tiévant S. (1999). Observation et analyse d'usages des technologies d'information et de communication dans l'enseignement. Paris : Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie.

Pouts-Lajus S., Riché-Magné M. (1998). L'école à l'heure d'Internet : les enjeux du multimédia dans l'éducation. Paris : Nathan.

Prensky, M.,. Engage me or enrage me: What today's learners demand. Educause Review 40(5), 2005.

Prentice Hall.Logie, R.H. et al. (2000). Visual similarity effects in immediate serial recall. Q J Exp Psychol.. 53A, 3, 626-646.Logie & Pearson (1997)

Pudelko B., Legros D . (2000). J'écris, donc j'apprends ? Quelques considérations théoriques sur la conception de l'écriture comme moyen de construction des connaissances. Cahiers pédagogiques, 388-389 ,12-15.

Rabardel P. (1995).Les hommes et les technologies . Paris : Armand Colin.

Ramus, F. . Oustanding questions about phonological processing in dyslexia. Dyslexia, 7, 197-216, 2001.

Resnick, L. B., Developing mathematical knowledge. American Psychologist, 44, 1989.

Rheaume J.(1991). Hypermédias et strategies pédagogiques. In B de La Passardiére, G.-L Baron (eds), Hypermedia et Apprentissages (p.45-58). Paris : INRP.

Ringstaff, C. & Kelley, L. The learning return on our education technology investment: A review of findings from research. WestEd, San Francisco, 2002.

Rodari G.(1979). grammaire de l'imagination. Paris, Messidor.

Rosenberg, M. J., E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age. New York, McGraw-Hill, 2001.

Sagot Jack et autres formateurs du CNEFEI, Guide pour les enseignants qui accueillent un élève présentant une déficience motrice, (travail collectif : rédaction de la partie traitant des aspects biomédicaux et des aides techniques), in Ministère de l'Education nationale, novembre 2001.

Sagot Jack et col., Bilan neuropsychologique et démarches pédagogiques, Acte du 5ème colloque, in Actes de colloque, Edition de l'INSHEA, septembre 2010

Sagot Jack et col., Bilan neuropsychologique et démarches pédagogiques, Acte du 6ème colloque, in Actes de colloque, Edition de l'INSHEA, janvier 2013

Sagot Jack et col., Bilan neuropsychologique et démarches pédagogiques, in Actes de colloque, Edition du CNEFEI, Juin 2003

Sagot Jack, des aides techniques pour la scolarisation d'élèves présentant des troubles du langage écrit, in la NRAS (La nouvelle revue de l'adapatation et de la scolarisation), Edition de l'INSHEA, n° 33, Adaptations didactiques 1, avril 2006

Sagot Jack, TGT, la trousse géotracés, un outil pour construire la géométrie chez l'enfant dyspraxique, in Réadaptation n° 522, juillet / aout 2005

Sagot, J., Des aides techniques pour la scolarisation d'élèves présentant des troubles du langage écrit, in Réadaptation n° 527, 2006.

Sagot,J., Adapter l'environnement scolaire aux besoins de l'élève intégré : l'apport des TICE, un bilan, des perspecives, in NRAIS n°22, Edition du Cnefei, 2003.

Salomon, G., 1979. Interaction of Media, Cognition, and Learning. San Francisco: Jossey-Bass.

Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. Psychological Review, 96, 523-568.

Seigneuric Alix, Mémoire de travail et compréhension de l'écrit chez l'enfant, Thèse de doctorat en Psychologie, Sous la direction de MARIE FRANCE EHRLICH, Soutenue en 1998 à Paris5.

Seigneuric Alix, Mémoire de travail et compréhension de l'écrit chez l'enfant, Thèse de doctorat en Psychologie, ss la direction de Marie-France Ehrlich, Soutenue en 1998 à Paris5.

Share, D. L. Phonological recoding and self-teaching : sine qua non of reading acquisition, Cognition, 55, 151-218, 1995.

Simon Maud, L' enfant face à des expressions robotiques et humaines [Texte imprimé] : étude développementale et comparative dans le cas d'autisme/Maud Simon ; sous la direction de Jacqueline Nadel Mémoire de thèse.

Snowling, M. J., Hulme, C., & Nation, K. (1997). A connectionist perspective on the development of reading skills in children, Trends in Cognitive Science, 1, 88-91.

Sprenger-Charolles L. et Casalis S., Lecture et écriture : Acquisition et troubles du développement, PUF, 1996.

Tejada, S., Traft, N., Hutson, M., Bufford,H., Dooner, M. Hanson, J., Radler, A., & Mauer, G., 2006. Educational Robots: Three Models for the Research of Learning Theories and Human-Robot Interaction. Proceedings of the AAAI 2006 Robotics workshop., July 2006, Boston.

Tijus, C., Poitrenaud, S., Bouchon-Meunier, B., De Vulpillières, T.,. Le cartable électronique : sémantique de l'utilisabilité et aide aux apprentissages. Psychologie Française 51(1), 87-101, 2006.

Tomatis Alfred, l'oreille et la vie, 1990, Ed Robert Laffont, SA Paris,

Tourrette Catherine, Évaluer les enfants avec déficiences ou troubles du développement, Déficiences motrices, sensorielles ou mentales. Troubles autistiques et troubles des apprentissages, Les outils du psychologue, Dunod, 2014 - 2ème édition.

Traité de Neuropsychologie clinique, Tomes I et II (2000), sous la direction de Xavier Seron et Martial Van Der Linden, Solal.

Trouche, L. Construction et conduite des instruments dans des apprentissages mathématiques: Nécessité des orchestrations. Recherches en Didactique des Mathématiques, 25(1), 91-138, 2005

Van Lith, P., Teaching Robotics in Primary and Secondary schools, Proceedings, ComLab International Conference 2007, Computerised laboratory in science and technology education, November 30 - December 1, 2007 Radovljica, Slovenia

Vieira, J., Terrat , H., Sagot, J., (2011), « Décliner les compétences d'apprentissage en activités accessibles, en s'aidant de l'outil informatique, Nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation, numéro spécial 6, Polyhandicap…Le défi des apprentissages, INSHEA.

Wang M., K. Adams, P. Encarnação, and A.M. Cook, Virtual assistive robots for play, learning, and cognitive development, submitted for presentation at RESNA 2011, Toronto, Canada, June 5-8, 2011.

Zhang, G., Virtual Robots and Its Education Application. Educational Technology and Computer Science. Second International Workshop, 2010.

Zibetti, E., Eyraud, R., Chevalier, A., Leproux, C., Les aides à planification scolaire : quels besoins ont les élèves? Quel rôle pour l'ergonomie cognitive? In J. Dinet & C. Bastien (Eds.), L'ergonomie des objets et environnements physiques et numériques 245-278. Paris, Hermes Sciences Lavoisier, 2011.

Zurfluh, J., Les tests mentaux, Jean Pierre Delarge. Paris : Ed. Universitaires, 1976.

Table des illustrations

Tables d’illustration des tableaux

Tableau 1 - données globales Mathieu par mois 105
Tableau 2 - données niveau d’exercice Mathieu par mois 106
Tableau 3 - statistique bonne/mauvaise réponse Mathieu par exercice 106
Tableau 4 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Mathieu..... 107
Tableau 5- données évènements par exercice de Mathieu 108
Tableau 6 - données en % par mois de Mathieu..... 109
Tableau 7 - données globales de Laurent par mois 109
Tableau 8- données niveau d’exercice Laurent par mois 110
Tableau 9 - statistique bonne/mauvaise réponse Laurent par exercice 110
Tableau 10 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Laurent..... 111
Tableau 11 - données évènements par exercice de Laurent 111
Tableau 12 - distribution des données en % par mois de Laurent..... 112
Tableau 13 - données en % par mois de Laurent..... 112
Tableau 14 - données globales d’Anaïs par mois..... 113
Tableau 15 - données niveau d’exercice Anaïs par mois 113
Tableau 16 - statistique bonne/mauvaise réponse Anaïs par exercice 113
Tableau 17 - tableau bonne/mauvaise réponse en % d’Anaïs 114
Tableau 18 - données évènements par exercice d’Anaïs..... 114
Tableau 19 - distribution des données en % par mois de Anaïs -..... 115
Tableau 20 - données en % par mois d’Anaïs -..... 115
Tableau 21 - données globales d’Etienne par mois -..... 116
Tableau 22- données niveau d’exercice Etienne par mois 116
Tableau 23 - statistique bonne/mauvaise réponse Etienne par exercice..... 116
Tableau 24 - tableau bonne/mauvaise réponse en % d’Etienne 117
Tableau 25 - données évènements par exercice d’Etienne..... 117
Tableau 26 - distribution des données en % par mois de Etienne..... 118
Tableau 27 - données en % par mois d’Etienne -..... 118
Tableau 28 - données globales de Gwenaelle par mois..... 119
Tableau 29 - données niveau d’exercice Gwenaelle par mois 119
Tableau 30 - statistique bonne/mauvaise réponse Gwenaelle par exercice..... 120
Tableau 31 - tableau bonne/mauvaise réponse en % de Gwenaelle..... 120
Tableau 32 - données évènements par exercice de Gwenaelle..... 120
Tableau 33 - distribution des données en % par mois de Gwenaelle 121
Tableau 34 - données en % par mois de Gwenaelle..... 121
Tableau 35 - classement alphabétique des données BR d’Anaïs 122
Tableau 36 - synthèse des données milieu ordinaire version A 152
Tableau 37 - synthèse des données milieu ordinaire version B - 154
Tableau 38 - synthèse des données milieu spécialisé version A -..... 155
Tableau 39 - synthèse des données milieu spécialisé version B 156
Tableau 40 - synthèse des données IME avec Coefficent Catégorielle (CO) - 157
Tableau 41 - Régression Linéaire Nav2/Br2/Mr2 -..... 158
Tableau 42 - détail sur l’utilisation de l’« aide lettre » du sujet SMSAAP -..... 159
Tableau 43 - Analyse du coefficient de corrélation navigation/manipulations-..... 161
Tableau 44 - tableau des moyennes de corrélation avec le nombre de navigation - .. 161
Tableau 45 - Coefficient de corrélation : bonnse réponses/manipulations..... 161
Tableau 46 -- tableau des moyennes de corrélation nombre de bonne réponse -..... 162

Tableau 47 - exemple de recueil de données sur test de la partie expérimentale 3.... 171
Tableau 48 - synthèse des données moyennes par sujet de l'Expérience 3 - 175
Tableau 49 -exemple du Nb de BR par exercices du test 3- ; Tableau 50 - exemple du Nb de visualisons par Ex du test 3 176
Tableau 51 - moyenne des temps de visualisation par exercice 176
Tableau 52 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les IME/version A 177
Tableau 53 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les IME/version B - 178
Tableau 54 - synthèse bigrammes et 4 lettres du test 3 pour les MO/version A 178
Tableau 55- synthèse expériences 2 et 3 pour les sujets d'IME version A - 179
Tableau 56 - synthèse des donnéees par bigramme et mot de l'expérience 3 - 180
Tableau 57 - Synthèse des éléménts de réponse par sujets de l'expérience 3 - 185
Tableau 58 - synthèse des expérimentations 2 et 3 pour sujets IME/version A - 187
Tableau 59 -bilan par catégories des exercices bigrammes de l'expérience 4 - 196
Tableau 60 --bilan par catégories des exercices bigrammes de l'expérience 4 - 197
Tableau 61 - éléments de réponse de l'expérience 4 par sujets 197
Tableau 62 - navigations contenant le bigramme « LA » d'un sujet sur LECTUS.... 199
Tableau 63 - « aides bigramme » du son « LA » sur logiciel LECTUS - 200
Tableau 64 - Ensemble des « succès par bigramme » du son « LA » -- 200
Tableau 65 - élément « log » de l'expérience 4 - 201
Tableau 66 - résultats par bigramme du mot pour tous les sujets - 201
Tableau 67 - somme, moyenne et maximum des bigrammes par sujet - 202
Tableau 68 - synthèse de données (exp 2 et 3) du sujet LGC2AT - 203
Tableau 69 - validations comportant les bigrammes MO, TO, RA, ME - 204
Tableau 70 - ensemble des aides contenant MO et TO du sujet LGC2AT - 205
Tableau 71 - « aide bigramme » contenant RA et ME du sujet LGC2AT - 205
Tableau 72 - « aides bigramme » contenant PA, PI, LE, MA du sujet LGC2AT - 206
Tableau 73 - données « validation » pour PA, PI, LE, MA du sujet LGC2AT - 207
Tableau 74 - ensemble des expériences du sujet LGC3CH - 208
Tableau 75 - « aides bigrammes » comportant les MO, RE, LI du sujet LGC3CH - 209
Tableau 76 - « aides bigrammes » comportant les PI, DE, TA du sujet LGC3CH -.. 210
Tableau 77 - « réponses » comportant les MO, RI, RE, LI du sujet LGC3CH - 210
Tableau 78 - score des bonnes réponses de Mathieu 256
Tableau 79 - score des bonnes réponses d'Anaïs - 257
Tableau 80 - score des bonnes réponses d'Etienne 258
Tableau 81 - score des bonnes réponses de Gwenaelle 259
Tableau 82 - score des bonnes réponses de Laurent 259
Tableau 83 - classement alphabétique des données « Bonne réponse » de Mathieu - 260
Tableau 84 - Tableau des listes d'exercice sur VersionA de l'expérience 2 - 260
Tableau 85 - Tableau des listes d'exercice sur VersionB de l'expérience 2 - 261
Tableau 86 - Liste de fréquence des bigrammes par position Version A - 262
Tableau 87 - index hiérarchique des bigrammes par position de Version A - 262
Tableau 88 - Liste de fréquence des bigrammes par position Version B - 263
Tableau 89 - index hiérarchique des bigrammes par position de Version B - 264
Tableau 90 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 6 lettres - 267
Tableau 91 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de8 lettres - 268
Tableau 92 - exemple de recueil de données sur test de la partie expérimentale 3 -.. 269
Tableau 99 - comparatif de l'ensemble des mots de version A et de Version B 270
Tableau 100 - comparatifs des fréquences d'éléments des Version A et Version B - 271
Tableau 101 - index hiérarchique des fréquences d'apparition de l'ensemble - 273
Tableau 102 - somme de fréquences des bigrammes des mots de la série A - 286

Tableau 103 - tableau des coefficients par lettres des mots d'exercices - 287
Tableau 104 - synthèse des données par sujets sur même feuille - 294
Tableau 93 - synthèse des données du test 3 pour IMEversA Tableau 94 -synthèse des données du test 3 pour IMEversB 295
Tableau 95 - synthèse des données du test 3 pour les élèves de milieu ordinaire -.... 295
Tableau 96 - synthèse expériences 2 et 3 pour les sujets d'IME version B - 296
Tableau 97 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version A - 296
Tableau 98 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version B - 296
Tableau 105 - synthèse des réponses de l'expérience 3 - 297
Tableau 106 - ANOVA à 1 facteur BR2/Co2 - 298
Tableau 107 - ANOVA à 1 facteur BR3/Co3 de l'expérience 2 - 298
Tableau 108 - ANOVA à 1 facteur NV2/Co2 de l'expérience 2 - 298
Tableau 109 - ANOVA à 1 facteur NV3/co3 - 298
Tableau 110 - ANOVA à 1 facteur BGx/Cox - 298
Tableau 111 - Régression Linéaire Nav2/Br2/Mr2 - 298
Tableau 112 - ANOVA à 1 facteur BR2/Coefnbvis - 299
Tableau 113 - ANOVA à 1 facteur BR2/ Coefmytpsvis - 299
Tableau 114 - ANOVA à 1 facteur BR3/ Coefnbvis - 299
Tableau 115 - ANOVA à 1 facteur BR3/Coefmytpsvis - 299
Tableau 116 - ANOVA à 1 facteur MR2/Coefnbvis et Coefmytpsvis - 299
Tableau 117 - ANOVA à 1 facteur MR3/Coefnbvis et Coefmytpsvis - 299

Tables d'illustration des figures

Figure 1 - modèle des deux voies de lectures de Coltheart (1978) 31
Figure 2 - modèle développemental de Frith (1985) 33
Figure 3- figure des compétences spécifiques entre lecture et écriture 34
Figure 4 - Schéma du traitement séquentiel du mot 35
Figure 5 - Schéma de la construction des premières compétences orthographiques ... 36
Figure 6- schéma de la reconnaissance visuelle des mots 38
Figure 7.- vue latérale du lobe frontal 48
Figure 8 - tableau des intelligences multiples de Howard Gardner 49
Figure 9 - configuration des contacts synaptiques 49
Figure 10 - modèle des formes primaire des aires visuelles de Stanislas Dehaene - ... 54
Figure 11 - Architecture cérébrale de la lecture ; schéma de Stanislas Dehaene 55
Figure 12 - IRM d'un cerveau atteint de dyslexie lors d'une tâche de lecture 55
Figure 13 - page d'accueil du logiciel LECTUS 100
Figure 14- page d'animation du sigle LECTUS 100
Figure 15 -Diapositive tutoriel du logiciel 100
Figure 16 - page de login du logiciel LECTUS 101
Figure 17 -présentation du cahier d'exercice de l'élève 101
Figure 18 - Feuille Exercice Consonne-Voyelle - 101
Figure 19 - Exercice consonne - 102
Figure 20 - Cahier d'exercices - 102
Figure 21 - Diapositive Bonne Réponse - 102
Figure 22 - diapositive mauvaise réponse - 103
Figure 23 - diapositive exercice bigramme - 103
Figure 24 - diapositive exercice 4-grammes - 103
Figure 25 - diapositive exercice 6-grammes - 103
Figure 26 - diapositive 10-grammes - 104

Figure 27 - Diapositive sortie du logiciel -..... 104
Figure 28 - graphique statistique temps/bonne réponse de Mathieu 123
Figure 29 - graphique statistique temps/bonne réponse d'Anaïs..... 123
Figure 30 - graphique statistique temps/mauvaise réponse de Mathieu..... 124
Figure 31 - graphique statistique temps/mauvaise réponse d'Anaïs 124
Figure 32 - graphique statistique Navigation/Mauvaise réponse de Mathieu 124
Figure 33 - graphique statistique Navigation/Mauvaise réponse d'Anaïs..... 125
Figure 34 - graphique statistique Navigation/Bonne réponse de Mathieu 125
Figure 35 - graphique statistique Navigation/Bonne réponse d'Anaïs..... 126
Figure 36 - tableau statistique de bilan de données par personne 127
Figure 37 - tableau statistique de bilan de données par personne en % 128
Figure 38 - Liste des consonnes par position de bigrammes Version A 131
Figure 39 - Liste des voyelles par position de bigrammes Version A..... 131
Figure 40 - index hiérarchique de l'ensemble consonne et voyelle de la Version A -131
Figure 41 - fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes Version A - 132
Figure 42 - index alphabétique des consonnes par position VersionB..... 132
Figure 43 - Liste des consonnes par position de bigrammes Version B - 133
Figure 44 - Liste des voyelles par position de bigrammes Version B - 133
Figure 45 - index hiérarchique de l'ensemble consonne et voyelle de la version B - 133
Figure 46 - fréquence hiérarchique de l'ensemble des bigrammes Version B - 133
Figure 47 - feuille de calcul Excel représentant la base génératrice des exercices -.. 135
Figure 48 - présentation des fichiers de données dans le dossier « résultat » -..... 135
Figure 49 - présentation des fichiers de données log-court au format CSV - 136
Figure 50 - présentation des fichiers de données log au format CSV -..... 136
Figure 51 - fichiers tableur à partir des données CSV du Sujet Test 147
Figure 52 - tableau synoptique de la synthèse des données du sujet Test..... 147
Figure 53 - tableau dynamique récapitulatif des données brutes, exemple de Test ... 148
Figure 54 - bilan des données qualitatives des systèmes d'aides, exemple de Test... 148
Figure 55 - bilan des données à lignes développées du sujet Test 149
Figure 56 - bilan des données à ligne réduites du sujet Test..... 149
Figure 57 - frame verticale présentant les « aides bigrammes » du sujet Test..... 150
Figure 58 - données des « aides consignes » et aide bigrammes du sujet Test 150
Figure 59 - frame verticale des données des « aides lettres » du sujet Test..... 151
Figure 60 - manipulations du logiciel par niveau d'exercices du sujet Test 152
Figure 61 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 4 lettres -..... 165
Figure 62 - diapositive de présentation du test 3..... 169
Figure 63 - exemple d'un clic d'utilisateur sur le logiciel de test 3 -..... 170
Figure 64 - présentation de la page de transition d'exercices du logiciel test 3-..... 170
Figure 65 - présentation d'une nouvelle page d'exercice du logiciel test 3 -..... 170
Figure 66 - tableau Excel préfigurant la liste des exercices de l'expérience 3..... 171
Figure 67 - synthèse des données de navigation de l'expérience 3 -..... 174
Figure 68 -contenu test versions A vs B pour les enfants d'IME - 187
Figure 69 - résultats des différents groupes sur les différentes versions -..... 188
Figure 70 – Page de consigne du test 4 de restitution -..... 190
Figure 71 - page de réponse du test 4 de restitution -..... 190
Figure 72 - page de renvoie pour mauvaise réponses du test 4 de restitution -..... 191
Figure 73 - page de présentation de l'exercice suivant du test 4 de restitution - 191
Figure 74 - page de direction des exercices du test 4 de restitution -..... 192
Figure 75 - page de vérification du test 4 de restitution -..... 192
Figure 76 – présentation des exercices bigrammes du test 4 de restitution - 192

Figure 77 - série présentant les exercices de 4 lettres du test 4 -..... 193
Figure 78 - présentation des exercices de 8 lettres du test 4 - 194
Figure 79 - récupération des données brutes du sujet Test de l'expérience 4 -..... 195
Figure 80 - détail aides, tentatives et points du sujet Test de l'expérience 4 195
Figure 81 - aide « bonne réponse » et « ma réponse » du sujet Test (exp 4) 195
Figure 82 - ANOVA à 1 facteur BR bigramme et Co ; BR mot et CO - 198
Figure 83 - ANOVA à 1 facteur MR bigramme et Co ; MR mot et CO -..... 198
Figure 84 - Partie du programme VBA qui tire les exercices au hasard -..... 265
Figure 85 - extrait contenu des fichiers de données log-court au format CSV - 265
Figure 86 - contenu des fichiers de données log au format CSV -..... 266
Figure 87 - somme de fréquences des différents bigrammes des mots de la série B . 287
Figure 88 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/par position 4 lettres..... 292
Figure 89 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/position 6 lettres..... 293
Figure 90 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/position plus de 6 lettres 293

Tables d'illustration des Equations

Équation 1- calcul du coefficient de réussite..... 108
Équation 2- calcul du coefficient' d'efficacité 109

Annexes

Annexes de la partie théorique

Présentation du Tableau de (Ferrand, 2007) - exemple de six études classiques sur l'effet de fréquence en décision lexicale et prononciation

Etude	Fréquence D'occurrence	Temps de réaction (en msec)	
		Décision lexicale	**Prononciation immédiate**
Rubenstein et al. (1970)	Basse fréquence Moyenne fréquence Haute fréquence	897.5 788 729.5	--- --- ---
Forster et Chambers (1973)	Basse fréquence Haute fréquence	804 (14.3%) 608 (1.0%)	579 (1.7%) 508 (0.0%)
Frederiksen et kroll (1976)	Très basse fréquence Basse fréquence Haute fréquence Très haute fréquence	724 706 666 636	562 544 530 525
Monsell, Doyle,& haggard(1989)	**Stress initial** Basse fréquence Haute fréquence	 640 (9,0%) 538 (2,5%)	 510 (4,0%) 450 (0,5%)
	Stress final Basse fréquence Haute fréquence	 615 (5,2%) 542 (1,0%)	 520 (3,8%) 448 (0,0%)
Connie mullenix shernoff & yelen (1990)	Basse fréquence Haute fréquence	671 (7,4%) 616 (7,2%)	537 (4,0%) 488 (4,0%)
Savage Bradley & Forster (1990)	Basse fréquence Haute fréquence	--- ---	489 (5,9%) 466 (1,1%)

Tableau de Ferrand (2007) - exemples de mots très- familier et très peu familiers (d'après Desrochers & Bergeron, 2000)

MOTS TRES FAMILLERS	FAMILLARITE (entre 1 et 7)a	Fréquence objective b	Mots très peu familiers	Familiarité (entre 1 et 7) a	Fréquence objective b
femme	6.25	400	alexandrin	1.81	<1
heures	6.68	306	cantatrice	1.47	1
exemple	6.10	279	clavecin	1.66	1
jour	6.48	568	dune	1.77	1.42
maison	6.36	300	harpon	1.84	2.61
			oursin	1.91	1.13
douche	6.17	10	pharaon	1.73	1.16
linge	6.27	27	sécateur	1.49	<1
crayon	6.01	16	tréteau	1.20	<1
parent	6.38	7	tambourin	1.93	<1
bain	6.13	27			

Annexes de la partie expérimentale

Tableau 78 - score des bonnes réponses de Mathieu

DE	93	NI	89	DO	99	I	89		
RO	82	MI	89	NO	98	TU	93		
RO	96	NA	91	PI	91	DI	99		
LO	93	LA	100	PU	86	VISE	76		
SE	99	TO	94	RU	72	E	99		
LO	99	TI	95	LI	93	A	100		
PO	88	SA	98	VO	92	O	99		
VA	57	DI	97	PE	86	U	99		
PA	88	DA	85	SI	99	D	100		
ME	99	DU	99	MO	83	RU	95		
VI	91	LY	89	MU	81	PILE	37	moy	
LU	99	SU	99	LE	100	65	5968	91,816	
RE	93	VENU	96	SO	98				
LU	93	PAPA	83	TA	98				
NU	98	PAPI	81	NE	93				
TU	90	DAME	87	TE	99				
RA	99	VIDE	97	RI	99				
VE	94	DUNE	95	MA	100				

Tableau 79 - score des bonnes réponses d'Anaïs -

DA	100	DAME	92
DE	97	DATE	92
DI	99	DEMI	96
DI	97	DEVINE	94
DO	93	DOMINO	95
DU	100	DUNE	96
LA	98	LAMA	97
LE	97	LAME	88
LI	98	LAVE	82
LO	88	LIRE	85
LU	86	LOTO	83
LY	98	LOVE	77
MA	97	LUNE	86
ME	96	LYRE	97
MI	92	MIDI	97
MO	98	MINE	85
MU	87	MODE	93
NA	99	MOTO	97
NE	89	MURE	94
NI	87	NADINE	95
NO	92	NANA	92
NU	98	PAPA	96
PA	99	PAPI	91
PE	92	PATATE	86
PI	92	PILE	81
PO	95	PILOTE	93
PU	93	RAPIDE	95
RA	85	RIDE	89
RE	95	RIVE	82
RI	91	ROME	88
RO	99	ROSE	87
RU	84	RUDE	98
SA	99	SALADE	97
SE	98	SITE	86
SI	99	SODA	92
SO	95	SOLO	96
SU	90	SONORE	-4
TA	99	SONORE	94
TE	98	TARE	98
TI	99	VASE	75
TO	84	VENU	84
TU	91	VIDE	84
VA	98	VIDERA	75
VE	73	Moy	87,813
VI	91	43	3776
VO	99		
Moy	94		
46	4324		
89	8100		
moy	91,011		

Tableau 80 - score des bonnes réponses d'Etienne

DE	94	RIRE	74	NARINE	88
RE	95	MODE	98	LATINE	97
PA	99	MOTO	97	NAVIRE	86
TE	98	TAPE	91	LIMITE	91
RA	99	DAME	99	RIVALE	94
LI	99	DATE	92	LAPINE	91
LE	99	VASE	97	PAROLE	96
MI	99	DEMI	98	PATATE	95
LA	99	LAMA	93	MADAME	99
TI	98	DUNE	89	RETIRE	95
NE	99	VIDE	91	RAMONE	96
RI	99	LAME	96	110	10338
MA	100	D	100	moy	93,981
MO	99	LAVE	90		
ME	99	VISE	90		
TU	98	LOVE	91		
NI	98	VOMI	91		
PE	93	LIRE	95		
SE	98	RITE	96		
VI	98	SODA	97		
NA	99	LUNE	98		
RO	98	ROME	92		
SA	87	RARE	97		
PI	98	PILE	36		
VE	97	RUDE	86		
LO	93	SALE	98		
VO	98	PAPA	98		
SI	98	LOTO	97		
SO	98	PIPE	98		
TA	99	VENU	72		
VA	98	VELU	91		
TO	93	RIVE	70		
DA	100	VOTE	89		
PO	91	MIDI	98		
MU	98	NANA	99		
NO	99	SITE	97		
LU	93	VOLE	97		
NU	93	PAPI	96		
DI	99	MINE	98		
RU	98	PILE	92		
LY	92	LYRE	74		
DO	99	TARE	91		
DU	84	RAMI	97		
SU	97	RIPE	96		
PU	99	ROSE	97		
		RAME	90		
		VITE	96		
		RIDE	98		
		RAPIDE	96		
		DEVINE	85		
		NADINE	98		
		SIMULE	74		
		DOMINO	96		

Tableau 81 - score des bonnes réponses de Gwenaelle

RE	98	LI	94	VE	87	SITE	95	S	96
RO	97	NA	99	PU	97	RIDE	88	DATE	93
TE	85	DU	88	DI	99	RIVE	92	DUNE	81
RI	95	MU	85	MA	88	D	94	PIPE	96
PO	98	TI	99	SU	99	N	58	VIDE	94
VO	97	DA	89	LO	99	V	100	TARE	92
PA	99	TA	99	MI	99	L	95	PAPA	98
VI	66	VA	98	DO	99	I	99	VOMI	95
PE	98	ME	98	NE	97	E	99	LAVE	89
LU	95	SE	98	SI	99	A	100	VENU	76
SA	99	NU	97	SO	99	O	99	LAMA	97
DE	81	RA	93	LA	98	U	98	75	7045
NI	97	TU	98	PI	98	M	100	moy	93,93
RU	98	LY	98	RITE	97	P	70		
NO	92	TO	98	DAME	92	R	96		
MO	98	LE	98	NANA	86	D	100		

Tableau 82 - score des bonnes réponses de Laurent

RE	88	DEMI	88	LI	92	RU	96	LY	90
RO	99	RIVE	76	NI	95	SOLO	80	DA	100
DE	98	RAME	88	RU	95	RIDE	76	LA	91
PA	93	MOTO	94	MO	82	ROSE	67	SI	85
SE	97	DAME	95	MI	98	MIDI	97	PU	93
PE	97	SITE	60	NA	95	67	6076	TU	99
LU	93	RIPE	85	DU	97	moy	90.6	MA	100
TE	85	RITE	93	LE	96			SU	99
NO	95	MODE	77	DI	99			VA	94
RA	94	PILE	90	TA	81			NE	92
PO	45	DATE	99	LO	96			SO	96
VO	87	RIRE	92	ME	90			RI	97
TO	88	RUDE	90	SA	99			VE	87
VI	86	MINE	95	DO	99			RE	98
PI	92	LUNE	93	TI	96				
NU	89	VELU	97	MU	91				

Tableau 83 - classement alphabétique des données « Bonne réponse » de Mathieu -

DA	LO	PA	SA	VE
DE	LY	PE	SE	VI
DI	MA	PI	SI	VO
DI	ME	PO	SO	DAME
DO	MI	PU	SU	DUNE
DU	MO	RA	TA	PAPA
LA	MU	RE	TE	PAPI
LE	NA	RI	TI	PILE
LI	NE	RO	TO	VENU
LU	NI	RO	TU	VIDE
LU	NO	RU	TU	VISE
LO	NU	RU	VA	

Tableau 84 - Tableau des listes d'exercice sur VersionA de l'expérience 2 -

	DO	VE NU
	LI	VI DE
RE	PU	VI TE
DE	SU	VO LE
TE	DA ME	VO MI
RA	DA TE	VO TE
LI	D E MI	LO VE
LE	DU NE	DE VI NE
MI	LA MA	DO MI NO
TI	LA ME	LA PI NE
LA	LA VE	LI MI TE
NE	LI RE	MA DA ME
RI	LO TO	MA LA DE
MA	LU NE	MI NU TE
ME	MI DI	MO TI VE
VI	MI NE	NA DI NE
PE	MO DE	NA RI NE
PI	MO TO	NA VI RE
SA	MU RE	PA RO LE
VE	NA NA	PA TA TE
NA	PA PA	PE LO TE
SO	PA PI	PI LO TE
VO	PI LE	PI RA TE
LO	PI PE	RA DI NE
PA	PO LI	RA MO NE
TO	RA ME	RA PI DE
DA	RA RE	RE LI RE
DI	RI DE	RE TI RE
MO	RI RE	RI VA LE
PO	RI VE	RU MI NE
RO	RO ME	SA LA DE
TU	SA LE	SA LA MI
MU	SA PE	SO NO RE
NO	SI TE	SA ME DI
LU	SO DA	SA TU RE
NI	TA PE	SO LI DE
NU	VE LU	SO NO RE
RU		

TA	PE	RA
TA	PO	TE
TI	MI	DE
TI	RA	DE
TO	MA	TE
TO	RE	RO
TU	LI	PE
VA	LI	DE
VI	DE	RA
VO	LE	RA

LA	TI	TU	DE
MA	NI	PU	LE
MA	RI	TI	ME
MA	TI	NA	LE
MI	NI	MA	LE
PO	SI	TI	VE
RE	VI	SI	TE
SI	MU	LE	RA
SO	LI	TU	DE
TI	RE	LI	RE

TO	TA	LI	SE	
VA	LI	DE	RA	
VA	PO	RI	SE	
VI	SI	TE	RA	
VO	LA	TI	LE	
MA	RA	DO	NA	
SO	NO	RI	SE	RA
VO	LA	TI	LI	SE

Tableau 85 - Tableau des listes d'exercice sur VersionB de l'expérience 2 -

RE
DE
TE
RA
LI
LE
MI
TI
LA
CE
RI
MA
ME
SE
VI
PE
PI
SA
VE
CA
SI
SO
TA
VA
VO
LO
PA
TO
DA
DI
MO
PO
RO
TU
MU
NO
LU
NI
NU

DU	
CA	LE
CA	VE
CO	DE
CO	TE
CU	RE
CU	VE
DA	ME
DA	TE
DE	MI
DI	RE
DI	CO
DU	RE
LA	MA
LA	ME
LA	VE
LI	RE
LO	TO
MA	RE
MA	RI
MI	DI
MO	DE
MO	TO
MU	RE
PA	PA
PA	PI
PI	LE
PI	PE
PI	RE
PO	LI
RA	ME
RA	RE
RI	ME
RI	RE
RI	VE
SA	LE
SA	PE
SI	TE
TA	PE

TI	RE	
VI	DE	
CA	LE	RA
CE	RI	SE
LA	VE	RA
LI	MA	CE
LI	MI	TE
MA	DA	ME
MA	LA	DE
ME	SU	RE
MO	TI	VE
PA	RO	LE
PE	LO	TE
PI	LO	TE
PO	LI	CE
RA	PI	DE
RE	TI	RE
RI	VA	LE
SA	LA	DE
SA	LA	MI
SA	ME	DI
SA	TU	RE
SI	MU	LE
SO	LI	DE
ME	SU	RE
TA	PO	TE
TI	MI	DE
TI	RA	DE
TO	MA	TE
TO	RE	RO
TU	LI	PE
VA	LI	DE
VO	TE	RA
CO	DE	RA
PI	RA	TE
TO	RE	RO
TU	LI	PE
VA	LI	DE
MO	D U	LE

VI	DE	RA			MA	RI	TI	ME		TA	PO	TE	RA	
RE	CA	LE			ME	SU	RE	RA		TI	RE	LI	RE	
VO	LE	RA			MO	TI	VE	RA		TO	TA	LI	SE	
CA	LI	ME	RO		PO	SI	TI	VE		VO	LA	TI	LE	
CA	MA	RA	DE		RA	CO	MO	DE		RI	VA	LI	SE	
LA	TI	TU	DE		RA	VI	SE	RA		LO	CO	MO	TI	VE
CO	CO	RI	CO		RE	VI	SI	TE		TO	TA	LI	SE	RA
LA	TI	TU	DE		RI	VA	LI	SE		VA	PO	RI	SE	RA
LI	MI	TE	RA		SO	LI	TU	DE						

Tableau 86 - Liste de fréquence des bigrammes par position Version A -

DA	3	DA	2	DE	8	DE	2	RA	1		
DE	3	DE	4	DI	1	LE	4	SE	1		
DI	1	DI	3	DO	1	LI	1	∑	2		
DO	2	LA	5	LE	3	ME	1				
DU	1	LE	4	LI	2	NA	1				
LA	6	LI	7	MA	1	RA	3				
LE	1	LO	2	ME	1	RE	1				
LI	4	LU	1	MI	1	SE	3				
LO	3	MA	2	NA	1	TE	1				
LU	2	ME	5	NE	7	VE	1				
MA	7	MI	6	NO	1	∑	18				
ME	1	MO	1	PE	1						
MI	5	MU	1	PU	1						
MO	4	NA	1	RA	3						
MU	2	NE	3	RE	6						
NA	5	NI	2	RI	2						
NE	1	NO	3	RO	1						
NI	1	NU	2	SI	1						
NO	1	PA	1	TE	9						
NU	1	PE	4	TI	4						
PA	5	PI	3	TU	2						
PE	2	PO	2	VE	1						
PI	5	RA	3	∑	58			Global	314		
PO	3	RE	6								
PU	1	RI	2								
RA	6	RO	1								
RE	4	SI	2								
RI	5	TA	2								
RO	2	TE	4								
RU	2	TI	4								
SA	7	TO	2								
SI	2	TU	1								
SO	7	VA	1								
SU	1	VE	3								
TA	3	VI	3								
TE	1	∑	98								
TI	4										
TO	4										
TU	2										
VA	3										
VE	3										
VI	5										
VO	7	Total	138								

Tableau 87 - index hiérarchique des bigrammes par position de Version A -

bigr1	∑	bigr2	∑	bigr3	∑	bigr4	∑	bigr5	∑
MA	7	LI	7	TE	9	DE	2	RA	1
SA	7	MI	6	DE	8	LE	4	SE	1
SO	7	RE	6	NE	7	LI	1		
VO	7	LA	5	RE	6	ME	1		
LA	6	ME	5	TI	4	NA	1		
RA	6	DE	4	LE	3	RA	3		
MI	5	LE	4	RA	3	RE	1		
NA	5	PE	4	LI	2	SE	3		

PA	5	TE	4	RI	2	TE	1
PI	5	TI	4	TU	2	VE	1
RI	5	DI	3	DI	1		
VI	5	NE	3	DO	1		
LI	4	NO	3	MA	1		
MO	4	PI	3	ME	1		
RE	4	RA	3	MI	1		
TI	4	VE	3	NA	1		
TO	4	VI	3	NO	1		
DA	3	DA	2	PE	1		
DE	3	LO	2	PU	1		
LO	3	MA	2	RO	1		
PO	3	NI	2	SI	1		
TA	3	NU	2	VE	1		
VA	3	PO	2				
VE	3	RI	2				
DO	2	SI	2				
LU	2	TA	2				
MU	2	TO	2				
PE	2	LU	1				
RO	2	MO	1				
RU	2	MU	1				
SI	2	NA	1				
TU	2	PA	1				
DI	1	RO	1				
DU	1	TU	1				
LE	1	VA	1				
ME	1						
NE	1						
NI	1						
NO	1						
NU	1						
PU	1						
SU	1						
TE	1						

Tableau 88 - Liste de fréquence des bigrammes par position Version B -

LA	7	RE	13	DE	8	DE	5	RA	2
RI	7	LI	9	TE	8	RA	5	VE	1
SA	7	DE	5	RA	7	SE	5	Σ	3
CA	6	LE	5	LE	5	CO	1		
MA	6	ME	5	LI	5	LE	1		
MO	6	TI	5	RE	5	ME	1		
PI	6	VE	5	TI	3	RE	1		
RA	6	CO	4	TU	3	RO	1		
TO	6	LA	4	CE	2	TE	1		
LI	5	MA	4	ME	2	TI	1		
TI	5	MI	4	MO	2	VE	1		
CO	4	TE	4	PE	2	Σ	18		
ME	4	PE	3	RI	2				
PA	4	PO	3	RO	2				
PO	4	RI	3	SE	2				
RE	4	SU	3	VE	2				
TA	4	VA	3	DI	1				
VA	4	LO	2	MI	1				
VO	4	PI	2	SI	1				
DA	3	RA	2	Σ	63				

DI	3
LO	3
SI	3
SO	3
TU	3
VI	3
CE	2
CU	2
DE	2
DU	2
MI	2
MU	2
PE	2
LE	1
LU	1
NI	1
NO	1
NU	1
RO	1
SE	1
TE	1
VE	1
Σ	136

TA	2
TO	2
VI	2
CA	1
DU	1
DA	1
DI	1
MU	1
PA	1
RO	1
SI	1
TU	1
Σ	90
total	310

Tableau 89 - index hiérarchique des bigrammes par position de Version B -

LA	7
RI	7
SA	7
CA	6
MA	6
MO	6
PI	6
RA	6
TO	6
LI	5
TI	5
CO	4
ME	4
PA	4
PO	4
RE	4
TA	4
VA	4
VO	4
DA	3
DI	3
LO	3
SI	3
SO	3
TU	3
VI	3
CE	2
CU	2
DE	2
DU	2
MI	2
MU	2
PE	2
LE	1
LU	1

RE	13
LI	9
DE	5
LE	5
ME	5
TI	5
VE	5
CO	4
LA	4
MA	4
MI	4
TE	4
PE	3
PO	3
RI	3
SU	3
VA	3
LO	2
PI	2
RA	2
TA	2
TO	2
VI	2
CA	1
DU	1
DA	1
DI	1
MU	1
PA	1
RO	1
SI	1
TU	1
Σ	90

DE	8
TE	8
RA	7
LE	5
LI	5
RE	5
TI	3
TU	3
CE	2
ME	2
MO	2
PE	2
RI	2
RO	2
SE	2
VE	2
DI	1
MI	1
SI	1
Σ	63

DE	5
RA	5
SE	5
CO	1
LE	1
ME	1
RE	1
RO	1
TE	1
TI	1
VE	1
Σ	18

RA	2
VE	1
Σ	3

NI	1
NO	1
NU	1
RO	1
SE	1
TE	1
VE	1
Σ	136

total	310

Figure 84 - Partie du programme VBA qui tire les exercices au hasard -

```
If (ok) Then
    ' choisir un ex parmi ceux qui n'ont pas été déjà traités avec succès
    nes = categories(cCourant)(1)
    Set eNonFaits = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
    Dim ceEEstFait As Boolean
    ceEEstFait = False
    ' set en
    If Not IsEmpty(cen(cCourant)) Then
       Set en = cen(cCourant)
    Else          Set en = New Scripting.Dictionary
    End If
    ' pour chaque ex de la catégorie,
    For e = 0 To nes - 1
       ceEEstFait = False
       ' vérifier si elle existe dans le tab des ex faits
       For Each eFait In en.Keys
          If e = eFait Then
             ceEEstFait = True
             Exit For
          End If
       Next eFait
       If Not ceEEstFait Then
          eNonFaits.Add e
       End If
    Next e
    If (eNonFaits.Count > 0) Then
       pos = Int(eNonFaits.Count * Rnd)
       eCourant = eNonFaits(pos)
         logger "onExerciceSuivant", "eNonfaits=" & eNonFaits.Count
          Set exerCourant = exercices.Item(cCourant).Item(eCourant)
          logger "onExerciceSuivant", cCourant & "," & eCourant
          lancerDiapoPerso cCourant, eCourant
          logger "onExerciceSuivant", "4"
       passerALaCategorieSuivante = False
    End If
  End If
Wend
End Sub
```

Figure 85 - extrait contenu des fichiers de données log-court au format CSV -

```
04/07/2017 13:57:12;2;0;0;RE;RE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 13:57:30;2;28;1;DA;DA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;100
04/07/2017 13:58:37;2;29;2;DI;DI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;100
04/07/2017 13:58:46;2;11;0;MA;MA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 13:58:54;2;12;0;ME;ME;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 13:59:05;2;37;0;NI;NI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 13:59:20;2;36;0;LU;LU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;97
04/07/2017 13:59:33;2;24;0;VO;VO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 13:59:45;2;44;0;SU;SU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 13:59:56;2;39;0;RU;RU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
```

04/07/2017 14:00:07;2;8;0;LA;LA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;84
04/07/2017 14:00:38;2;10;0;RI;RI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:00:47;2;42;0;LI;LI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:01:12;2;9;0;NE;NE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;86
04/07/2017 14:01:24;2;21;0;SO;SO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:01:36;2;5;0;LE;LE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:02:26;2;40;1;DO;DO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;90
04/07/2017 14:03:10;2;27;1;TO;TO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;84
04/07/2017 14:03:19;2;3;0;RA;RA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:04:42;2;13;0;SE;SE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:04:52;2;6;0;MI;MI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:05:09;2;7;1;TI;TI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:05:20;2;32;0;RO;RO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:05:32;2;18;0;VE;VE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:05:51;2;4;1;LI;LI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:05:59;2;19;0;NA;NA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:06:07;2;25;0;LO;LO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:07:12;2;17;0;SA;SA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:07:21;2;35;0;NO;NO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:07:30;2;34;0;MU;MU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:08:30;2;31;0;PO;PO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:08:41;2;14;0;VI;VI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:10:58;2;22;1;TA;TA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99
04/07/2017 14:11:09;2;30;0;MO;MO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:12:49;3;32;2;ROSE;ROSE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;46
04/07/2017 14:13:21;3;20;0;PILE;PILE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;96
04/07/2017 14:13:39;3;19;0;PAPI;PAPI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;87
04/07/2017 14:14:05;3;36;0;SITE;SITE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;86
04/07/2017 14:14:23;3;15;0;MOTO;MOTO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;97
04/07/2017 14:16:02;3;18;0;PAPA;PAPA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:17:12;3;20;0;PILE;PILE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;97
04/07/2017 14:17:29;3;8;0;LOTO;LOTO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;97
04/07/2017 14:18:37;3;30;0;RIVE;RIVE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;52
04/07/2017 14:20:48;3;0;0;DAME;DAME;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;82
04/07/2017 14:21:01;3;24;0;RAMI;RAMI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;98
04/07/2017 14:21:20;3;46;0;VITE;VITE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;91
04/07/2017 14:21:51;3;12;1;MIDI;MIDI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;99

Figure 86 - contenu des fichiers de données log au format CSV -

11/05/2018 13:17:00;0;0;0;;;Se connecter;;;0
11/05/2018 13:17:28;3;12;0;LAMA;VADA;Défiler;Sans aide;Haut;-0,2
11/05/2018 13:17:29;3;12;0;LAMA;TADA;Défiler;Sans aide;Haut;-0,4
11/05/2018 13:17:29;3;12;0;LAMA;SADA;Défiler;Sans aide;Haut;-0,6
11/05/2018 13:17:30;3;12;0;LAMA;RADA;Défiler;Sans aide;Haut;-0,8
11/05/2018 13:17:32;3;12;0;LAMA;RADA;Consulter Aide;Lettre;R;-3,8
11/05/2018 13:17:34;3;12;0;LAMA;RYDA;Défiler;Sans aide;Haut;-4
11/05/2018 13:17:34;3;12;0;LAMA;RUDA;Défiler;Sans aide;Haut;-4,2
11/05/2018 13:17:35;3;12;0;LAMA;RODA;Défiler;Sans aide;Haut;-4,4
11/05/2018 13:17:36;3;12;0;LAMA;RODA;Consulter Aide;Lettre;O;-7,4
11/05/2018 13:17:38;3;12;0;LAMA;RODA;Consulter Aide;Bigramme;RO;-12,4
11/05/2018 13:17:40;3;12;0;LAMA;PODA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,6
11/05/2018 13:17:41;3;12;0;LAMA;CODA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,8
11/05/2018 13:17:41;3;12;0;LAMA;MODA;Défiler;Sans aide;Haut;-13
11/05/2018 13:17:43;3;12;0;LAMA;MOVA;Défiler;Sans aide;Haut;-13,2
11/05/2018 13:17:44;3;12;0;LAMA;MOTA;Défiler;Sans aide;Haut;-13,4
11/05/2018 13:17:50;3;12;0;LAMA;MOTA;Consulter Aide;Consigne;;-19,4
11/05/2018 13:17:52;3;12;0;LAMA;MOTA;Consulter Aide;Bigramme;TA;-24,4
11/05/2018 13:17:54;3;12;0;LAMA;MOVA;Défiler;Sans aide;Bas;-24,6
11/05/2018 13:17:55;3;12;0;LAMA;MODA;Défiler;Sans aide;Bas;-24,8
11/05/2018 13:17:55;3;12;0;LAMA;MOLA;Défiler;Sans aide;Bas;-25
11/05/2018 13:17:56;3;12;0;LAMA;MOMA;Défiler;Sans aide;Bas;-25,2
11/05/2018 13:17:58;3;12;0;LAMA;MOMA;Consulter Aide;Lettre;M;-28,2
11/05/2018 13:17:59;3;12;0;LAMA;MOMA;Consulter Aide;Bigramme;MA;-33,2
11/05/2018 13:18:02;3;12;0;LAMA;MUMA;Défiler;Sans aide;Bas;-33,4
11/05/2018 13:18:03;3;12;0;LAMA;MYMA;Défiler;Sans aide;Bas;-33,6
11/05/2018 13:18:04;3;12;0;LAMA;MAMA;Défiler;Sans aide;Bas;-33,8
11/05/2018 13:18:05;3;12;0;LAMA;MAMA;Consulter Aide;Bigramme;MA;-38,8
11/05/2018 13:18:07;3;12;0;LAMA;MAMA;Consulter Aide;Bigramme;MA;-43,8
11/05/2018 13:18:09;3;12;0;LAMA;MAMA;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;-64
11/05/2018 13:18:15;3;12;0;LAMA;DADA;Recommencer;;;0
11/05/2018 13:18:17;3;12;1;LAMA;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,2
11/05/2018 13:18:17;3;12;1;LAMA;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,4
11/05/2018 13:18:19;3;12;1;LAMA;LADA;Défiler;Sans aide;Haut;-0,6

11/05/2018 13:18:21;3;12;1;LAMA;LADA;Consulter Aide;Bigramme;LA;-5,6
11/05/2018 13:18:26;3;12;1;LAMA;LADA;Consulter Aide;Consigne;;-11,6
11/05/2018 13:18:27;3;12;1;LAMA;LAVA;Défiler;Sans aide;Haut;-11,8
11/05/2018 13:18:28;3;12;1;LAMA;LATA;Défiler;Sans aide;Haut;-12
11/05/2018 13:18:28;3;12;1;LAMA;LASA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,2
11/05/2018 13:18:29;3;12;1;LAMA;LARA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,4
11/05/2018 13:18:30;3;12;1;LAMA;LAPA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,6
11/05/2018 13:18:31;3;12;1;LAMA;LACA;Défiler;Sans aide;Haut;-12,8
11/05/2018 13:18:31;3;12;1;LAMA;LAMA;Défiler;Sans aide;Haut;-13
11/05/2018 13:18:33;3;12;1;LAMA;LAMA;Consulter Aide;Bigramme;MA;-18
11/05/2018 13:18:35;3;12;1;LAMA;LAMA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;82
11/05/2018 13:18:43;3;28;0;POLI;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,2
11/05/2018 13:18:43;3;28;0;POLI;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,4
11/05/2018 13:18:44;3;28;0;POLI;CADA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,6
11/05/2018 13:18:46;3;28;0;POLI;CEDA;Défiler;Sans aide;Bas;-0,8
11/05/2018 13:18:46;3;28;0;POLI;CIDA;Défiler;Sans aide;Bas;-1
11/05/2018 13:18:47;3;28;0;POLI;CODA;Défiler;Sans aide;Bas;-1,2
11/05/2018 13:18:48;3;28;0;POLI;PODA;Défiler;Sans aide;Bas;-1,4
11/05/2018 13:18:50;3;28;0;POLI;PODA;Consulter Aide;Bigramme;PO;-6,4
11/05/2018 13:18:51;3;28;0;POLI;POVA;Défiler;Sans aide;Haut;-6,6
11/05/2018 13:18:51;3;28;0;POLI;POTA;Défiler;Sans aide;Haut;-6,8
11/05/2018 13:18:55;3;28;0;POLI;POTA;Consulter Aide;Consigne;;-12,8
11/05/2018 13:18:56;3;28;0;POLI;POSA;Défiler;Sans aide;Haut;-13
11/05/2018 13:18:57;3;28;0;POLI;PORA;Défiler;Sans aide;Haut;-13,2
11/05/2018 13:18:59;3;28;0;POLI;PORY;Défiler;Sans aide;Haut;-13,4
11/05/2018 13:18:59;3;28;0;POLI;PORU;Défiler;Sans aide;Haut;-13,6
11/05/2018 13:18:59;3;28;0;POLI;PORO;Défiler;Sans aide;Haut;-13,8
11/05/2018 13:19:00;3;28;0;POLI;PORI;Défiler;Sans aide;Haut;-14
11/05/2018 13:19:02;3;28;0;POLI;POSI;Défiler;Sans aide;Bas;-14,2
11/05/2018 13:19:02;3;28;0;POLI;POTI;Défiler;Sans aide;Bas;-14,4
11/05/2018 13:19:03;3;28;0;POLI;POVI;Défiler;Sans aide;Bas;-14,6
11/05/2018 13:19:03;3;28;0;POLI;PODI;Défiler;Sans aide;Bas;-14,8
11/05/2018 13:19:03;3;28;0;POLI;POLI;Défiler;Sans aide;Bas;-15
11/05/2018 13:19:05;3;28;0;POLI;POLI;Consulter Aide;Bigramme;LI;-20
11/05/2018 13:19:06;3;28;0;POLI;POLI;Consulter Aide;Bigramme;PO;-25
11/05/2018 13:19:07;3;28;0;POLI;POLI;Consulter Aide;Bigramme;LI;-30
11/05/2018 13:19:08;3;28;0;POLI;POLI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;70

Tableau 90 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de 6 lettres -

versionA			lettr	versionA			pos
RE	LI	RE	415	VA	LI	DE	160
RE	TI	RE	413	RA	PI	DE	152
LI	MI	TE	377	RA	DI	NE	150
TI	RA	DE	369	LA	PI	NE	148
RI	VA	LE	367	SO	LI	DE	147
PI	RA	TE	366	LI	MI	TE	146
TI	MI	DE	363	MA	LA	DE	146
DE	VI	NE	362	SA	LA	DE	144
TA	PE	RA	362	NA	RI	NE	143
PE	LO	TE	361	PA	TA	TE	142
MA	LA	DE	357	NA	VI	RE	141
PA	TA	TE	357	NA	DI	NE	140
RA	DI	NE	356	TI	MI	DE	139

Même étude pour la version B :

versionB			lettr	versionB			pos
RE	TI	RE	469	VA	LI	DE	151
VO	LE	RA	431	MO	DU	LE	151
TI	RA	DE	408	MA	LA	DE	150
CE	RI	SE	406	RA	PI	DE	146
LA	VE	RA	404	CA	LE	RA	144
PI	RA	TE	403	SA	LA	DE	144
RI	VA	LE	401	LI	MI	TE	143

CA	LE	RA	400	PA	RO	LE	140
LI	MI	TE	399	TI	MI	DE	140
PE	LO	TE	394	SO	LI	DE	138
MA	LA	DE	388	PI	RA	TE	138
RA	PI	DE	386	LA	VE	RA	137
RE	CA	LE	385	SA	ME	DI	137
TI	MI	DE	383	TA	PO	TE	137
TO	RE	RO	383	TI	RA	DE	136
TU	LI	PE	383	MA	DA	ME	134
MA	DA	ME	380	PI	LO	TE	133
TO	MA	TE	377	PO	LI	CE	133
PA	RO	LE	376	SA	TU	RE	133
VO	TE	RA	376	TO	MA	TE	133
LI	MA	CE	375	MO	TI	VE	131

Les dix derniers éléments des mots de six lettres pour la version A du logiciel :

TO	RE	RO	332	VO	LE	RA	120
MO	TI	VE	330	TA	PE	RA	119
SA	LA	MI	327	MI	NU	TE	118
SO	LI	DE	322	RI	VA	LE	116
RU	MI	NE	311	TU	LI	PE	115
TU	LI	PE	311	PE	LO	TE	113
MI	NU	TE	306	SA	LA	MI	112
SA	TU	RE	306	DE	VI	NE	110
SO	NO	RE	295	VI	DE	RA	109
SO	NO	RE	295	TO	RE	RO	107
DO	MI	NO	269	DO	MI	NO	102

Les dix derniers éléments des mots de six lettres pour la version B du logiciel :

TA	PO	TE	364	VO	TE	RA	121
SA	ME	DI	363	RE	CA	LE	118
PI	LO	TE	360	CE	RI	SE	117
CO	DE	RA	355	SA	LA	MI	117
MO	TI	VE	351	CO	DE	RA	117
SA	LA	MI	348	PE	LO	TE	116
SA	TU	RE	346	SI	MU	LE	115
SO	LI	DE	342	TU	LI	PE	115
PO	LI	CE	333	VA	LI	DE	115
TU	LI	PE	330	VI	DE	RA	112
VA	LI	DE	330	VO	LE	RA	105
SI	MU	LE	320	ME	SU	RE	100
VI	DE	RA	300	ME	SU	RE	100

Tableau 91 - liste des tableaux d'étude des mots pour exercices de8 lettres -

versionA				lettr	versionA				pos
TI	RE	LI	RE	534	VA	LI	DE	RA	168
RE	VI	SI	TE	492	MA	RI	TI	ME	148
MA	RI	TI	ME	490	VI	SI	TE	RA	143
MA	TI	NA	LE	475	MA	TI	NA	LE	141
MI	NI	MA	LE	474	LA	TI	TU	DE	139
VA	LI	DE	RA	470	SO	LI	TU	DE	134
VI	SI	TE	RA	465	VO	LA	TI	LE	131

VO	LA	TI	LE	454	MA	NI	PU	LE	130
TO	TA	LI	SE	449	TI	RE	LI	RE	124
LA	TI	TU	DE	429	PO	SI	TI	VE	123
SI	MU	LE	RA	422	VA	PO	RI	SE	123
VA	PO	RI	SE	421	MI	NI	MA	LE	120
PO	SI	TI	VE	420	SI	MU	LE	RA	118
MA	RA	DO	NA	410	MA	RA	DO	NA	111
MA	NI	PU	LE	408	TO	TA	LI	SE	109
SO	LI	TU	DE	385	RE	VI	SI	TE	100

Classement hiérarchique de la version B du logiciel :

versionB				lettr	versionB				pos
TI	RE	LI	RE	593	TI	RE	LI	RE	158
LI	MI	TE	RA	540	MA	RI	TI	ME	156
RE	VI	SI	TE	535	LI	MI	TE	RA	155
MA	RI	TI	ME	532	RA	VI	SE	RA	153
RA	VI	SE	RA	520	TA	PO	TE	RA	149
ME	SU	RE	RA	509	MO	TI	VE	RA	143
TA	PO	TE	RA	505	LA	TI	TU	DE	142
CA	MA	RA	DE	503	CA	MA	RA	DE	136
RI	VA	LI	SE	503	SO	LI	TU	DE	130
MO	TI	VE	RA	492	TO	TA	LI	SE	126
TO	TA	LI	SE	487	VO	LA	TI	LE	125
VO	LA	TI	LE	486	RI	VA	LI	SE	124
LA	TI	TU	DE	463	PO	SI	TI	VE	122
RA	CO	MO	DE	445	ME	SU	RE	RA	112
PO	SI	TI	VE	440	RA	CO	MO	DE	111
SO	LI	TU	DE	411	RE	VI	SI	TE	106
CO	CO	RI	CO	354	CO	CO	RI	CO	95

Tableau 92 - exemple de recueil de données sur test de la partie expérimentale 3 -

02/04/2018 18:03:04;salade;salade;Visualisation;2
02/04/2018 18:03:05;salade;salade;Visualisation;73
02/04/2018 18:03:06;salade;lapine;Visualisation;54
02/04/2018 18:03:07;salade;salade;Visualisation;47
02/04/2018 18:03:07;salade;salade;Clic;1
02/04/2018 18:03:13;timide;tirolire;Visualisation;56
02/04/2018 18:03:13;timide;tire;Visualisation;46
02/04/2018 18:03:14;timide;tirolire;Visualisation;48
02/04/2018 18:03:14;timide;tirolire;Clic;0
02/04/2018 18:03:22;demi;demi;Visualisation;40
02/04/2018 18:03:22;demi;dame;Visualisation;14
02/04/2018 18:03:23;demi;demi;Visualisation;4
02/04/2018 18:03:23;demi;dame;Visualisation;4
02/04/2018 18:03:23;demi;divise;Visualisation;1
02/04/2018 18:03:23;demi;demi;Visualisation;5
02/04/2018 18:03:24;demi;dame;Visualisation;1
02/04/2018 18:03:24;demi;demi;Visualisation;3
02/04/2018 18:03:24;demi;dame;Visualisation;2
02/04/2018 18:03:26;demi;demi;Visualisation;28
02/04/2018 18:03:26;demi;demi;Clic;1
02/04/2018 23:46:49;salade;retire;Visualisation;116
02/04/2018 23:46:50;salade;salade;Visualisation;97
02/04/2018 23:46:52;salade;samedi;Visualisation;95
02/04/2018 23:46:54;salade;lapine;Visualisation;170
02/04/2018 23:46:56;salade;retire;Visualisation;161
02/04/2018 23:46:56;salade;retire;Clic;0
02/04/2018 23:47:03;timide;timide;Visualisation;77
02/04/2018 23:47:04;timide;tire;Visualisation;73
02/04/2018 23:47:05;timide;tirolire;Visualisation;83
02/04/2018 23:47:06;timide;tirelir;Visualisation;90
02/04/2018 23:47:08;timide;tirolire;Visualisation;138
02/04/2018 23:47:08;timide;tirolire;Clic;0
02/04/2018 23:47:16;demi;dame;Visualisation;104
02/04/2018 23:47:17;demi;demi;Visualisation;87
02/04/2018 23:47:19;demi;divise;Visualisation;94
02/04/2018 23:47:20;demi;demi;Visualisation;133
02/04/2018 23:47:20;demi;demi;Clic;1
15/04/2018 00:07:57;salade;salade;Visualisation;64
15/04/2018 00:07:58;salade;samedi;Visualisation;55
15/04/2018 00:07:59;salade;retire;Visualisation;58
15/04/2018 00:08:01;salade;lapine;Visualisation;55
15/04/2018 00:08:02;salade;salade;Visualisation;39
15/04/2018 00:08:03;salade;samedi;Visualisation;55
15/04/2018 00:08:03;salade;lapine;Visualisation;42
15/04/2018 00:08:46;salade;lapine;Visualisation;63
15/04/2018 00:08:47;salade;retire;Visualisation;50
15/04/2018 00:08:47;salade;samedi;Visualisation;53
15/04/2018 00:08:48;salade;salade;Visualisation;57
15/04/2018 00:08:49;salade;retire;Visualisation;48
15/04/2018 00:08:50;salade;salade;Visualisation;49
15/04/2018 00:08:50;salade;salade;Clic;1
15/04/2018 00:08:56;timide;timide;Visualisation;58
15/04/2018 00:08:57;timide;tire;Visualisation;41
15/04/2018 00:08:57;timide;tirolire;Visualisation;27
15/04/2018 00:08:58;timide;tirelir;Visualisation;45
15/04/2018 00:08:58;timide;timide;Visualisation;38

15/04/2018 00:08:59;timide;tire;Visualisation;30
15/04/2018 00:08:59;timide;tirolire;Visualisation;28
15/04/2018 00:09:00;timide;tirelir;Visualisation;45
15/04/2018 00:09:00;timide;timide;Visualisation;45
15/04/2018 00:09:00;timide;timide;Clic;1
15/04/2018 00:09:06;demi;dame;Visualisation;43
15/04/2018 00:09:07;demi;divise;Visualisation;39
15/04/2018 00:09:07;demi;domi;Visualisation;3
15/04/2018 00:09:08;demi;domi;Visualisation;44
15/04/2018 00:09:09;demi;demi;Visualisation;50
15/04/2018 00:09:10;demi;demi;Visualisation;41
15/04/2018 00:09:10;demi;demi;Clic;1
15/04/2018 00:13:21;salade;salade;Visualisation;59
15/04/2018 00:13:22;salade;retire;Visualisation;61
15/04/2018 00:13:23;salade;lapine;Visualisation;45
15/04/2018 00:13:23;salade;samedi;Visualisation;61
15/04/2018 00:13:24;salade;salade;Visualisation;68
15/04/2018 00:13:24;salade;salade;Clic;1
15/04/2018 00:13:31;timide;timidi;Visualisation;80
15/04/2018 00:13:32;timide;timid;Visualisation;63
15/04/2018 00:13:33;timide;tidemi;Visualisation;61
15/04/2018 00:13:34;timide;timide;Visualisation;140
15/04/2018 00:13:34;timide;timide;Clic;1
15/04/2018 00:13:40;demi;demi;Visualisation;70
15/04/2018 00:13:41;demi;domi;Visualisation;48
15/04/2018 00:13:41;demi;divise;Visualisation;45
15/04/2018 00:13:42;demi;dame;Visualisation;50
15/04/2018 00:13:43;demi;demi;Visualisation;69
15/04/2018 00:13:43;demi;demi;Clic;1
15/04/2018 17:15:42;salade;lapine;Visualisation;321
15/04/2018 17:15:43;salade;lapine;Visualisation;63
15/04/2018 17:15:46;salade;retire;Visualisation;235
15/04/2018 17:15:52;salade;samedi;Visualisation;476
15/04/2018 17:15:55;salade;salade;Visualisation;223
15/04/2018 17:15:57;salade;lapine;Visualisation;179
15/04/2018 17:16:00;salade;salade;Visualisation;203
15/04/2018 17:16:02;salade;lapine;Visualisation;167
15/04/2018 17:16:03;salade;retire;Visualisation;64
15/04/2018 17:16:03;salade;samedi;Visualisation;54
15/04/2018 17:16:04;salade;salade;Visualisation;75
15/04/2018 17:16:05;salade;lapine;Visualisation;44
15/04/2018 17:16:06;salade;retire;Visualisation;42
15/04/2018 17:16:06;salade;samedi;Visualisation;32
15/04/2018 17:16:08;salade;salade;Visualisation;155
15/04/2018 17:16:08;salade;salade;Clic;1
11/05/2018 12:16:27;salade;salade;Visualisation;91
11/05/2018 12:16:27;salade;lapine;Visualisation;59
11/05/2018 12:16:29;salade;retire;Visualisation;63
11/05/2018 12:16:30;salade;samedi;Visualisation;91
11/05/2018 12:16:31;salade;salade;Visualisation;102
11/05/2018 12:16:31;salade;salade;Clic;1
11/05/2018 12:18:14;salade;lapine;Visualisation;313
11/05/2018 12:18:53;salade;salade;Visualisation;489
11/05/2018 12:18:53;salade;salade;Clic;1
11/05/2018 12:24:20;salade;lapine;Visualisation;152
11/05/2018 12:24:21;salade;retire;Visualisation;101
11/05/2018 12:24:23;salade;samedi;Visualisation;108
11/05/2018 12:24:24;salade;salade;Visualisation;117
11/05/2018 12:24:26;salade;samedi;Visualisation;130
11/05/2018 12:24:28;salade;salade;Visualisation;93
11/05/2018 12:24:31;salade;salade;Visualisation;67
11/05/2018 12:24:31;salade;salade;Clic;1
11/05/2018 12:24:39;timide;tidemi;Visualisation;112
11/05/2018 12:24:40;timide;timidi;Visualisation;117
11/05/2018 12:24:42;timide;timido;Visualisation;87
11/05/2018 12:24:43;timide;timide;Visualisation;80
11/05/2018 12:24:44;timide;timidi;Visualisation;56
11/05/2018 12:24:45;timide;tidemi;Visualisation;39
11/05/2018 12:24:46;timide;timidi;Visualisation;103
11/05/2018 12:24:46;timide;timidi;Clic;0
11/05/2018 12:24:55;demi;demi;Visualisation;78
11/05/2018 12:24:56;demi;domi;Visualisation;77
11/05/2018 12:24:57;demi;divise;Visualisation;76
11/05/2018 12:24:58;demi;dame;Visualisation;86
11/05/2018 12:25:00;demi;divise;Visualisation;112
11/05/2018 12:25:01;demi;domi;Visualisation;164
11/05/2018 12:25:03;demi;divise;Visualisation;145
11/05/2018 12:25:05;demi;dame;Visualisation;146
11/05/2018 12:25:07;demi;divise;Visualisation;58
11/05/2018 12:25:09;demi;domi;Visualisation;117
11/05/2018 12:25:11;demi;demi;Visualisation;173
11/05/2018 12:25:11;demi;demi;Clic;1

Tableau 93 - comparatif de l'ensemble des mots de version A et de Version B

DA	ME
DA	TE
D E	MI
DU	NE
LA	MA
LA	ME
LA	VE
LI	RE
LO	TO
LU	NE
MI	DI
MI	NE
MO	DE
MO	TO
MU	RE
NA	NA
PA	PA
PA	PI
PI	LE
PI	PE
PO	LI
RA	ME
RA	RE
RI	DE
RI	RE
RI	VE

CA	LE
CA	VE
CO	DE
CO	TE
CU	RE
CU	VE
DA	ME
DA	TE
DE	MI
DI	RE
DI	CO
DU	RE
LA	MA
LA	ME
LA	VE
LI	RE
LO	TO
MA	RE
MA	RI
MI	DI
MO	DE
MO	TO
MU	RE
PA	PA
PA	PI
PI	LE

RO	ME
SA	LE
SA	PE
SI	TE
SO	DA
TA	PE
VE	LU
VE	NU
VI	DE
VI	TE
VO	LE
VO	MI
VO	TE
LO	VE

DE	VI	NE
DO	MI	NO
LA	PI	NE
LI	MI	TE
MA	DA	ME
MA	LA	DE
MI	NU	TE
MO	TI	VE
NA	DI	NE
NA	RI	NE
NA	VI	RE
PA	RO	LE

PI	PE
PI	RE
PO	LI
RA	ME
RA	RE
RI	ME
RI	RE
RI	VE
SA	LE
SA	PE
SI	TE
TA	PE
TI	RE
VI	DE

CA	LE	RA
CE	RI	SE
LA	VE	RA
LI	MA	CE
LI	MI	TE
MA	DA	ME
MA	LA	DE
ME	SU	RE
MO	TI	VE
PA	RO	LE
PE	LO	TE
PI	LO	TE

PA	TA	TE
PE	LO	TE
PI	LO	TE
PI	RA	TE
RA	DI	NE
RA	MO	NE
RA	PI	DE
RE	LI	RE
RE	TI	RE
RI	VA	LE
RU	MI	NE
SA	LA	DE
SA	LA	MI
SO	NO	RE
SA	ME	DI
SA	TU	RE
SO	LI	DE
SO	NO	RE
TA	PE	RA
TA	PO	TE
TI	MI	DE
TI	RA	DE
TO	MA	TE
TO	RE	RO

PO	LI	CE
RA	PI	DE
RE	TI	RE
RI	VA	LE
SA	LA	DE
SA	LA	MI
SA	ME	DI
SA	TU	RE
SI	MU	LE
SO	LI	DE
ME	SU	RE
TA	PO	TE
TI	MI	DE
TI	RA	DE
TO	MA	TE
TO	RE	RO
TU	LI	PE
VA	LI	DE
VO	TE	RA
CO	DE	RA
PI	RA	TE
TU	LI	PE
VA	LI	DE
MO	D U	LE

TU	LI	PE		
VA	LI	DE		
VI	DE	RA		
VO	LE	RA		
LA	TI	TU	DE	
MA	NI	PU	LE	
MA	RI	TI	ME	
MA	TI	NA	LE	
MI	NI	MA	LE	
PO	SI	TI	VE	
RE	VI	SI	TE	
SI	MU	LE	RA	
SO	LI	TU	DE	
TI	RE	LI	RE	
TO	TA	LI	SE	
VA	LI	DE	RA	
VA	PO	RI	SE	
VI	SI	TE	RA	
VO	LA	TI	LE	
MA	RA	DO	NA	
SO	NO	RI	SE	RA
VO	LA	TI	LI	SE

VI	DE	RA		
RE	CA	LE		
VO	LE	RA		
TO	RE	RO		
CA	MA	RA	DE	
LA	TI	TU	DE	
CO	CO	RI	CO	
LI	MI	TE	RA	
MA	RI	TI	ME	
ME	SU	RE	RA	
MO	TI	VE	RA	
PO	SI	TI	VE	
RA	CO	MO	DE	
RA	VI	SE	RA	
RE	VI	SI	TE	
RI	VA	LI	SE	
SO	LI	TU	DE	
TA	PO	TE	RA	
TI	RE	LI	RE	
TO	TA	LI	SE	
VO	LA	TI	LE	
LO	CO	MO	TI	VE
TO	TA	LI	SE	RA
VA	PO	RI	SE	RA

Tableau 94 - comparatifs des fréquences d'éléments des Version A et Version B -

consA		conB		voyA		VoyB		bigrA		bigrB		bigr1A		big1B		bigr2A		bigr2B		bigr3A		bigr3B		bigr4A		big4B		bigr5A		big5B	
R	48	R	62	E	99	E	110	DE	17	RE	23	MA	7	LA	7	LI	7	RE	13	TE	9	DE	8	DE	2	DE	5	RA	1	RA	2
L	45	T	49	I	76	A	79	RE	17	RA	22	SA	7	RI	7	MI	6	LI	9	DE	8	TE	8	LE	4	RA	5	SE	1	VE	1
T	43	L	48	A	72	I	76	RA	16	DE	20	SO	7	SA	7	RE	6	DE	5	NE	7	RA	7	LI	1	SE	5				
M	38	M	40	O	47	O	50	TE	15	LI	19	VO	7	CA	6	LA	5	LE	5	RE	6	LE	5	ME	1	CO	1				
D	31	D	32	U	20	U	20	LI	14	TE	14	LA	6	MA	6	ME	5	ME	5	TI	4	LI	5	NA	1	LE	1				
N	30	P	27					LE	12	TI	14	RA	6	MO	6	DE	4	TI	5	LE	3	RE	5	RA	3	ME	1				
P	28	S	26					MI	12	LE	12	MI	5	PI	6	LE	4	VE	5	RA	3	TI	3	RE	1	RE	1				
V	27	V	26					TI	12	ME	12	NA	5	RA	6	PE	4	CO	4	LI	2	TU	3	SE	3	RO	1				
S	24	C	22					LA	11	RI	12	PA	5	TO	6	TE	4	LA	4	RI	2	CE	2	TE	1	TE	1				
								NE	11	LA	11	PI	5	LI	5	TI	4	MA	4	TU	2	ME	2	VE	1	TI	1				
								MA	10	MA	10	RI	5	TI	5	DI	3	MI	4	DI	1	MO	2			VE	1				
								RI	9	VE	10	VI	5	CO	4	NE	3	TE	4	DO	1	PE	2								
								ME	8	CO	9	LI	4	ME	4	NO	3	PE	3	MA	1	RI	2								
								NA	8	MO	8	MO	4	PA	4	PI	3	PO	3	ME	1	RO	2								
								PI	8	PI	8	RE	4	PO	4	RA	3	RI	3	MI	1	SE	2								
								VE	8	SE	8	TI	4	RE	4	VE	3	SU	3	NA	1	VE	2								
								VI	8	TO	8	TO	4	TA	4	VI	3	VA	3	NO	1	DI	1								
								PE	7	CA	7	DA	3	VA	4	DA	2	LO	2	PE	1	MI	1								
								SA	7	MI	7	DE	3	VO	4	LO	2	PI	2	PU	1	SI	1								
								SO	7	PE	7	LO	3	DA	3	MA	2	RA	2	RO	1										
								VO	7	PO	7	PO	3	DI	3	NI	2	TA	2	SI	1										
								PA	6	SA	7	TA	3	LO	3	NU	2	TO	2	VE	1										
								TO	6	TU	7	VA	3	SI	3	PO	2	VI	2												
								DA	5	VA	7	VE	3	SO	3	RI	2	CA	1												
								DI	5	TA	6	DO	2	TU	3	SI	2	DU	1												
								LO	5	DI	5	LU	2	VI	3	TA	2	DA	1												
								MO	5	LO	5	MU	2	CE	2	TO	2	DI	1												
								NO	5	PA	5	PE	2	CU	2	LU	1	MU	1												
								PO	5	RO	5	RO	2	DE	2	MO	1	PA	1												
								SI	5	SI	5	RU	2	DU	2	MU	1	RO	1												
								TA	5	VI	5	SI	2	MI	2	NA	1	SI	1												
								TU	5	CE	4	TU	2	MU	2	PA	1	TU	1												
								RO	4	DA	4	DI	1	PE	2	RO	1														
								SE	4	VO	4	DU	1	LE	1	TU	1														
								VA	4	DU	3	LE	1	LU	1	VA	1														
								DO	3	MU	3	ME	1	NI	1																
								LU	3	SO	3	NE	1	NO	1																
								MU	3	SU	3	NI	1	NU	1																
								NI	3	CU	2	NO	1	RO	1																
								NU	3	LU	1	NU	1	SE	1																
								PU	2	NI	1	PU	1	TE	1																
								RU	2	NO	1	SU	1	VE	1																
								DU	1	NU	1	TE	1																		
								SU	1																						

consA, fréquence des consonnes de la version A, consB, fréquence des consonnes de la version B, voyA, fréquence des voyelles de la version A, voyB, fréquence des voyelles de la version B, bigrA fréquence de l'ensemble des bigrammes de la

version A, bigrB fréquence de l'ensemble des bigrammes de la version B, bigr1A fréquence des bigrammes en position 1 de la version A, bigr1B fréquence des bigrammes en position 1 de la version B, bigr2A fréquence des bigrammes en position 2 de la version A, bigr2B fréquence des bigrammes en position 2 de la version B, bigr3A fréquence des bigrammes en position 3 de la version A, bigr3B fréquence des bigrammes en position 3 de la version B, bigr4A fréquence des bigrammes en position 4 de la version A, bigr4B fréquence des bigrammes en position 4 de la version B, bigr5A fréquence des bigrammes en position 5 de la version A, bigr5B fréquence des bigrammes en position 5 de la version B, bigr6A fréquence des bigrammes en position 6 de la version A, bigr6B fréquence des bigrammes en position 6 de la version B, bigr7A fréquence des bigrammes en position 7 de la version A, bigr7B fréquence des bigrammes en position 7 de la version B, bigr8A fréquence des bigrammes en position 8 de la version A, bigr8B fréquence des bigrammes en position 8 de la version B,

Tableau 95 - index hiérarchique des fréquences d'apparition de l'ensemble -

ExA	som	ExB	som	ExA			som	ExB			som	ExA				som	ExB				som
RA RE	529	RA RE	623	VA LI DE			766	RE TI RE			843	VA LI DE RA				1058	TI RE LI RE				1178
RA ME	526	MA RE	606	RE LI RE			763	MA LA DE			823	MA RI TI ME				1008	LI MI TE RA				1114
LA ME	516	RI RE	590	LI MI TE			757	CA LE RA			818	MA TI NA LE				969	MA RI TI ME				1109
SA LE	514	RA ME	589	RA PI DE			749	LI MI TE			814	TI RE LI RE				968	RA VI SE RA				1086
RI RE	501	TI RE	580	RA DI NE			746	RA PI DE			809	VI SI TE RA				966	TA PO TE RA				1056
LI RE	491	LI RE	574	RE TI RE			746	VA LI DE			809	LA TI TU DE				916	MO TI VE RA				1021
PI LE	488	LA ME	572	MA LA DE			737	MO D U LE			809	VO LA TI LE				913	CA MA RA DE				1006
DA TE	487	SA LE	566	LA PI NE			735	PI RA TE			803	MI NI MA LE				894	LA TI TU DE				988
DA ME	487	CA LE	562	NA RI NE			727	TI RA DE			802	MA NI PU LE				863	RI VA LI SE				962
TA PE	487	RI ME	556	PA TA TE			726	LA VE RA			801	SO LI TU DE				854	TO TA LI SE				953
LA VE	485	TA PE	553	TI MI DE			724	SA LA DE			792	VA PO RI SE				852	VO LA TI LE				949
RI DE	477	PI RE	550	NA VI RE			719	TI MI DE			789	PO SI TI VE				851	RE VI SI TE				927
VI TE	475	LA VE	548	SA LA DE			717	PA RO LE			782	RE VI SI TE				842	ME SU RE RA				923
SA PE	475	DA TE	548	SO LI DE			704	RI VA LE			769	SI MU LE RA				835	SO LI TU DE				892
RO ME	472	DI RE	540	NA DI NE			702	MA DA ME			769	TO TA LI SE				831	PO SI TI VE				891
MI NE	471	MA RI	540	PI RA TE			699	TO MA TE			763	MA RA DO NA				799	RA CO MC DE				856
SI TE	470	DA ME	539	MA DA ME			685	TA PO TE			761						CO CO RI CO				706
RI VE	468	PI LE	539	RA MO NE			685	SA ME DI			760										
VO LE	465	RI VE	532	TI RA DE			684	TO RE RO			760										
VI DE	454	SI TE	519	SA ME DI			681	TU LI PE			760										
PA PI	451	SA PE	517	TO MA TE			680	PI LO TE			746										
LA MA	450	CA VE	515	MO TI VE			678	CE RI SE			745										
PI PE	449	PI PE	490	PI LO TE			673	TO RE RO			743										
VO TE	449	LA MA	486	TA PO TE			673	SO LI DE			742										
MI DI	442	MO DE	482	TA PE RA			671	VO LE RA			736										
MO DE	441	VI DE	482	RI VA LE			669	SA TU RE			732										
PO LI	436	CO TE	481	PA RO LE			664	MO TI VE			731										
LO VE	432	MU RE	457	PE LO TE			655	PE LO TE			730										
VO MI	423	PA PI	457	VO LE RA			650	LI MA CE			729										
D E MI	419	CO DE	449	DE VI NE			648	RE CA LE			727										
PA PA	411	MI DI	449	SA TU RE			639	VO TE RA			727										
NA NA	401	PO LI	439	VI DE RA			636	PO LI CE			719										
MU RE	387	PA PA	437	RU MI NE			631	CO DE RA			694										
LU NE	367	DE MI	431	SA LA MI			618	SA LA MI			687										
MO TO	357	CU RE	424	MI NU TE			613	TU LI PE			664										
LO TO	357	DU RE	424	TO RE RO			610	VA LI DE			664										
SO DA	356	LO TO	385	TU LI PE			610	ME SU RE			658										
DU NE	338	MO TO	384	SO NO RE			607	ME SU RE			658										
VE LU	330	CU VE	366	SO NO RE			607	SI MU LE			654										
VE NU	296	DI CO	335	DO MI NO			534	VI DE RA			625										

Extrait des données brutes de l' élève « Test » sur logiciel LECTUS

05/02/2018 13:24;0;0;0;;;Se connecter;;;0;0
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,2
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,4
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,6
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SA;Consulter Aide;Bigramme;SA;SA;-5,6
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5,8
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,2
05/02/2018 13:25;2;0;0;RE;SI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;SI;Consulter Aide;Consigne;;RE;-12,4
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;SI;Consulter Aide;Consigne;;RE;-18,4
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;RI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-18,6
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;RE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-18,8
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;RI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-19
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;RE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-19,2
05/02/2018 13:26;2;0;0;RE;RE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;81
05/02/2018 13:26;2;28;0;RO;DA;Consulter Aide;Consigne;;RO;-6
05/02/2018 13:26;2;28;0;RO;DA;Consulter Aide;Consigne;;RO;-12
05/02/2018 13:26;2;28;0;RO;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,2
05/02/2018 13:26;2;28;0;RO;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,4
05/02/2018 13:26;2;28;0;RO;DU;Consulter Aide;Consigne;;RO;-18,4
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;DU;Consulter Aide;Consigne;;RO;-24,4
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;VU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-24,6
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;TU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-24,8
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;SU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-25
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;RU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-25,2
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;RO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-25,4
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;RI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-25,6
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;RI;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-46
05/02/2018 13:27;2;28;0;RO;DA;Recommencer;;;0;0
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;DA;Consulter Aide;Consigne;;RO;-6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,2
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;SA;Consulter Aide;Consigne;;RO;-12,6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;TA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-12,8
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;VA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;DA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13,2
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13,4
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13,6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13,8
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;PA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-14
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-14,2
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;SA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-14,4
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-14,6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-14,8
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-15
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-15,2
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-15,4
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RO;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-15,6
05/02/2018 13:27;2;28;1;RO;RO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;84
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DA;Consulter Aide;Consigne;;LO;-6
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,2
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,6
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,8
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;DO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;VO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,2
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;TO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,4
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;SO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,6
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;RO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,8
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;PO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;NO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,2
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;MO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,4
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;LO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,6
05/02/2018 13:27;2;21;0;LO;LO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;91
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;DA;Consulter Aide;Consigne;;TO;-6
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;DA;Consulter Aide;Consigne;;TO;-12
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;DA;Consulter Aide;Consigne;;TO;-18
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-18,2
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-18,4
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-18,6
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-18,8
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-19
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-19,2
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-19,4
05/02/2018 13:28;2;23;0;TO;TO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;81
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;DA;Consulter Aide;Consigne;;MA;-6
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,2
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,6
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;RA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,8
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;PA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;NA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,2
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;MA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,4
05/02/2018 13:28;2;11;0;MA;MA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;93
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;DA;Consulter Aide;Consigne;;ME;-6
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,2
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,6
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;RA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,8
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;PA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;NA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,2
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;MA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,4
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;MY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,6
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;MU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,8
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;MO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;MI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,2
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;ME;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,4
05/02/2018 13:29;2;12;0;ME;ME;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;92
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,6
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,8
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LU;Consulter Aide;Bigramme;LU;LU;-6
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LU;Consulter Aide;Bigramme;LU;LU;-11
05/02/2018 13:29;2;32;0;LU;LU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;89
05/02/2018 13:29;2;1;0;DE;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:29;2;1;0;DE;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-10
05/02/2018 13:29;2;1;0;DE;DA;Consulter Aide;Consigne;;DE;-16
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-16,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;LA;Consulter Aide;Bigramme;LA;LA;-21,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-21,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MA;Consulter Aide;Bigramme;MA;MA;-26,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-26,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MY;Consulter Aide;Bigramme;MY;MY;-31,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-31,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MU;Consulter Aide;Bigramme;MU;MU;-36,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-37
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MO;Consulter Aide;Bigramme;MO;MO;-42
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-42,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MI;Consulter Aide;Bigramme;MI;MI;-47,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;ME;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-47,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;ME;Consulter Aide;Bigramme;ME;ME;-52,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;LE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-52,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;DE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-52,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;DE;Consulter Aide;Bigramme;DE;DE;-57,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;VE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-58
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;VE;Consulter Aide;Bigramme;VE;VE;-63
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-63,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Consulter Aide;Bigramme;TE;TE;-68,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-68,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TO;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-68,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TO;Consulter Aide;Bigramme;TO;TO;-73,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-73,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-74
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TY;Consulter Aide;Bigramme;TY;TY;-79
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-79,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-79,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-79,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TI;Consulter Aide;Bigramme;TI;TI;-84,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;VI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-84,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;DI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-85
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;LI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-85,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;MI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-85,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;NI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-85,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-85,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;RI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-86
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;SI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-86,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-86,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TI;Consulter Aide;Bigramme;TI;TI;-91,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;SI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-91,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;RI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-91,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-92
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PI;Consulter Aide;Bigramme;PI;PI;-97
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PO;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-97,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PO;Consulter Aide;Bigramme;PO;PO;-102,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PO;Consulter Aide;Bigramme;PO;PO;-107,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-107,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PU;Consulter Aide;Bigramme;PU;PU;-112,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-112,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PY;Consulter Aide;Bigramme;PY;PY;-117,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-117,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PA;Consulter Aide;Bigramme;PA;PA;-122,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-123
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PE;Consulter Aide;Consigne;;DE;-129
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;PE;Consulter Aide;Consigne;;DE;-135
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;RE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-135,2
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;SE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-135,4
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-135,6
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;VE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-135,8
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-136
05/02/2018 13:30;2;1;0;DE;TE;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-156
05/02/2018 13:31;2;1;0;DE;DA;Recommencer;;;0;0
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,2
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,4
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,6
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,8
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1,2
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DE;Consulter Aide;Bigramme;DE;DE;-6,4
05/02/2018 13:31;2;1;1;DE;DE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;94
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;NY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,8

05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;NU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;NO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1,2
05/02/2018 13:31;2;31;0;NO;NO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;99
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;NY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,8
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;NU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1
05/02/2018 13:31;2;34;0;NU;NU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;99
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;DA;Consulter Aide;Consigne;;PO;-11
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,2
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,4
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,6
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;RA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,8
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;PA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;PY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,2
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;PU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,4
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;PO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,6
05/02/2018 13:31;2;27;0;PO;PO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;87
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;DA;Consulter Aide;Consigne;;RA;-6
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,2
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,4
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,6
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;PA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,8
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;RA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7
05/02/2018 13:31;2;3;0;RA;RA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;93
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;PA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;RA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;SA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
05/02/2018 13:32;2;16;0;SA;SA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;99
05/02/2018 13:32;2;36;0;DO;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,2
05/02/2018 13:32;2;36;0;DO;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,4
05/02/2018 13:32;2;36;0;DO;DO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,6
05/02/2018 13:32;2;36;0;DO;DO;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;99
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;ME;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MO;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1,6
05/02/2018 13:32;2;30;0;MU;MU;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;98
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5,2
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DY;Consulter Aide;Bigramme;DY;DY;-10,2
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-10,4
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DU;Consulter Aide;Bigramme;DU;DU;-15,4
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;DU;Consulter Aide;Consigne;;PE;-21,4
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;LU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-21,6
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;MU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-21,8
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;NU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-22
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;PU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-22,2
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;RU;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-22,4
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;RO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-22,6
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;RI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-22,8
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;RE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-23
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;PE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-23,2
05/02/2018 13:32;2;14;0;PE;PE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;77
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;DA;Consulter Aide;Consigne;;DE;-11
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,2
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,4
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-11,6
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-11,8
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,2
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,4
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,6
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-12,8
05/02/2018 13:39;2;1;0;DE;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-13
05/02/2018 13:40;2;1;0;DE;TE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-13,2
05/02/2018 13:40;2;1;0;DE;TE;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-36
05/02/2018 13:40;2;1;0;DE;DA;Recommencer;;;0;0
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,2
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,4
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,6
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,8
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-1
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DE;Consulter Aide;Bigramme;DE;DE;-6
05/02/2018 13:40;2;1;1;DE;DE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;94
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-5,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LA;Consulter Aide;Bigramme;LA;LA;-10,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;MA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-10,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;MA;Consulter Aide;Bigramme;MA;MA;-15,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;NA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-15,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;NA;Consulter Aide;Bigramme;NA;NA;-20,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;PA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-20,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;PA;Consulter Aide;Bigramme;PA;PA;-25,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;RA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-26
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;RA;Consulter Aide;Bigramme;RA;RA;-31
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;RE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-31,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;RE;Consulter Aide;Bigramme;RE;RE;-36,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;SE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-36,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;SE;Consulter Aide;Bigramme;SE;SE;-41,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;TE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-41,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;TE;Consulter Aide;Bigramme;TE;TE;-46,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-46,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VE;Consulter Aide;Bigramme;VE;VE;-51,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-52
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VA;Consulter Aide;Bigramme;VA;VA;-57
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-57,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VY;Consulter Aide;Bigramme;VY;VY;-62,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-62,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VU;Consulter Aide;Bigramme;VU;VU;-67,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-67,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VO;Consulter Aide;Bigramme;VO;VO;-72,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-72,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VI;Consulter Aide;Bigramme;VI;VI;-77,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VI;Consulter Aide;Bigramme;VI;VI;-82,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-83
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VE;Consulter Aide;Bigramme;VE;VE;-88
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-88,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VA;Consulter Aide;Bigramme;VA;VA;-93,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;VA;Consulter Aide;Consigne;;LE;-99,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;TA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-99,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;SA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-99,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;RA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-99,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;PA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-100
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;NA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-100,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;MA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-100,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-100,6
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-100,8
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-101
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-101,2
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-101,4
05/02/2018 13:40;2;5;0;LE;LE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-101,6
05/02/2018 13:41;2;5;0;LE;LE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;-2
05/02/05/02/2018 13:42;2;24;0;DA;DA;Consulter Aide;Bigramme;DA;DA;-5
05/02/2018 13:42;2;24;0;DA;DA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;95
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DA;Consulter Aide;Consigne;;DI;-6
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,2
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-6,4
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,6
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DY;Consulter Aide;Bigramme;DY;DY;-11,6
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DY;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-32
05/02/2018 13:43;2;25;0;DI;DA;Recommencer;;;0;0
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-0,2
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DY;Consulter Aide;Bigramme;DY;DY;-5,2
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;VY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5,4
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;TY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5,6
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;TY;Consulter Aide;Bigramme;TY;TY;-10,6
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;VY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-10,8
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;VY;Consulter Aide;Bigramme;VY;VY;-15,8
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DY;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-16
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DY;Consulter Aide;Bigramme;DY;DY;-21
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-21,2
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-21,4
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-21,6
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DI;Consulter Aide;Bigramme;DI;DI;-26,6
05/02/2018 13:43;2;25;1;DI;DI;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;73
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
05/02/2018 13:52;3;30;0;SODA;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SADA;Consulter Aide;Bigramme;SA;SA;-6,2
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;TADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,4
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;VADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,6
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;DADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,8
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,2
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,4
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,6
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,8
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SEDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8,2
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SIDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8,4
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SODA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8,6
05/02/2018 13:53;3;30;0;SODA;SODA;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;91
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TALA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,6
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TAMA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,8
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TAME;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TAMI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,2
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TAME;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-2,4
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;TAME;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-22
06/02/2018 09:48;3;0;0;DAME;DADA;Recommencer;;;0;0
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;DADA;Consulter Aide;Consigne;;DAME;-6
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,2
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,4
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,6
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,8
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,2
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,4
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TALA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,6
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TAMA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,8
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TAME;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TAMI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-8,2

06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TAME;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-8,4
06/02/2018 09:48;3;0;1;DAME;TAME;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-28
06/02/2018 09:49;3;0;1;DAME;DADA;Recommencer;;;0;0
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TALA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,6
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TAMA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,8
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TANA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TANE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,2
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;TANE;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-22
06/02/2018 09:49;3;0;2;DAME;DADA;Recommencer;;;0;0
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;LADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;MADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;NADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;PADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;RADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;SADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;TADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;VADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,6
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,8
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DALA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DAMA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,2
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DAME;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,4
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DAMI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,6
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DAME;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-2,8
06/02/2018 09:49;3;0;3;DAME;DAME;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;97
06/02/2018 06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LADADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LALADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LAMADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LANADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LAPADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LARADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LASADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATEDADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,8
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDEDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDIDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,4
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDODA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDODA;Consulter Aide;Consigne;;LATITUDE;-8,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDODA;Consulter Aide;Consigne;;LATITUDE;-14,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDODA;Consulter Aide;Consigne;;LATITUDE;-20,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDODA;Consulter Aide;Consigne;;LATITUDE;-26,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-26,8
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDYDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-27
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-27,2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDY;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-27,4
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDU;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-27,6
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDO;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-27,8
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDI;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-28
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-28,2
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;LATIDUDE;Valider;Sans aide;Mauvaise réponse !;Mauvaise réponse !;-48
06/02/2018 09:59;5;0;0;LATITUDE;DADADADA;Recommencer;;;0;0
06/02/2018 09:59;5;0;1;LATITUDE;LADADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,2
06/02/2018 09:59;5;0;1;LATITUDE;LALADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,4
06/02/2018 09:59;5;0;1;LATITUDE;LAMADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,6
06/02/2018 09:59;5;0;1;LATITUDE;LANADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-0,8
06/02/2018 09:59;5;0;1;LATITUDE;LAPADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LARADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LASADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LAVADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-1,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATADADA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATYDADA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-2,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATUDADA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-2,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATYDADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATADADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-2,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATEDADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-3
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATIDADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-3,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATILADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-3,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATIMADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-3,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATINADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-3,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATIPADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATIRADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-4,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATISADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-4,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITADA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-4,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITYDA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-4,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITODA;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-5,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-5,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITULA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-5,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUMA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-5,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUNA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUPA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITURA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUSA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUTA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-6,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUVA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDA;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,2
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDE;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,4
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDI;Défiler;Sans aide;Bas;Bas;-7,6
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDE;Défiler;Sans aide;Haut;Haut;-7,8
06/02/2018 10:00;5;0;1;LATITUDE;LATITUDE;Valider;Sans aide;Bonne réponse !;Bonne réponse !;92
06/02/

Code permettant la synthèse des données par tableau croisés dynamiques

```
' 1=français, 2=anglais
Public Const lg = 1
' 1=dev, 2=prod
Public Const mode = 2
' les labels
Public Const TITRE_SUCCES = "Succès par bigramme"
Public Const TITRE_AIDE = "Consultation Aide par bigramme"
Public Const TITRE_DEFILER = "Défilement par bigramme"
Private nMots As Integer
Public Const LECTUS = "C:\lectus\"
Sub AjouterEntete(wb As Workbook)
Dim sheet As Worksheet
Set sheet = wb.Sheets(1)
Dim r As Range
Set r = sheet.Rows(1)
    'sheet.Rows("1:1").Select
    r.Insert Shift:=xlDown, CopyOrigin:=xlFormatFromLeftOrAbove
    'sheet.Range("A1").Select
    sheet.Range("A1").FormulaR1C1 = "Temps"
    'Range("B1").Select
    sheet.Range("B1").FormulaR1C1 = "Niveau"
    'Range("C1").Select
    sheet.Range("C1").FormulaR1C1 = "N° Exercice"
    'Range("D1").Select
    sheet.Range("D1").FormulaR1C1 = "Nombre d'essais"
    'Range("E1").Select
    sheet.Range("E1").FormulaR1C1 = "Solution"
    'Range("F1").Select
    sheet.Range("F1").FormulaR1C1 = "Affichage"
    'Range("G1").Select
    sheet.Range("G1").FormulaR1C1 = "Action"
    'Range("H1").Select
    'sheet.Range("H1").FormulaR1C1 = ""
    'Range("F13").Select
    'ActiveWindow.LargeScroll Down:=1
    'ActiveWindow.ScrollRow = 22
    'ActiveWindow.ScrollRow = 1
    'Range("H2").Select
    'ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    'Range("H1").Select
    sheet.Range("H1").FormulaR1C1 = "Type d'aide"
    'Range("I1").Select
    sheet.Range("I1").FormulaR1C1 = "Valeur Action"
    'Range("J1").Select
    sheet.Range("J1").FormulaR1C1 = "Points"
    'sheet.Range("K1").FormulaR1C1 = "Nb Actions"
    'Range("M11").Select
End Sub
Sub TransformerEnTableau(wb As Workbook)
TransformerEnTableau Macro
    Dim nomCol As String
    If (lg = 1) Then
        nomCol = "Colonne1"
    Else
        nomCol = "Column1"
    End If
    Dim sh As Worksheet
    Set sh = wb.Sheets(1)
```

```
    Dim rDonnees As Range
    Dim r1 As Range
    Dim r2 As Range
    Set r1 = sh.Range("A1")
    Set r2 = r1.End(xlDown).Offset(0, 9)
    Set rDonnees = sh.Range(r1, r2)
    rDonnees.Select
    Application.CutCopyMode = False
    sh.ListObjects.Add(xlSrcRange, rDonnees, , xlYes).Name = _        "Tableau1"
    sh.Columns("A:J").Select
    sh.ListObjects("Tableau1").TableStyle = "TableStyleLight8"
    sh.Columns("J:J").Select
    Selection.ListObject.ListColumns.Add Position:=10
    sh.Range("Tableau1[[#Headers],[" & nomCol & "]]").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "Valeur Action 2"
    Range("Tableau1[[#Headers],[Points]]").Select
    Selection.ListObject.ListColumns.Add
    Range("Tableau1[[#Headers],[" & nomCol & "]]").Select     ActiveCell.FormulaR1C1 = "Durée"
    Selection.ListObject.ListColumns.Add
    sh.Range("Tableau1[[#Headers],[" & nomCol & "]]").Select     ActiveCell.FormulaR1C1 = "Nb d'actions"
  sh.Columns("L:L").Select
    Selection.NumberFormat = "h:mm:ss;@"
End Sub
' met des 0 au lieu du vide
Sub CreerValeurAction2(wb As Workbook)
Dim sh As Worksheet
Set sh = wb.Sheets(1)
    sh.Range("J2").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=IF([@[Type d''aide]]=""Consigne"",[@Solution],[@[Valeur Action]])"
    'sh.Range("J3").Select
End Sub
Sub CreerValeurAction2Deprecated(wb As Workbook)
    ' CreerValeurAction22 Macro
    Dim sh As Worksheet
    Set sh = wb.Sheets(1)
    sh.Range("J2").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=IF([@[Type d''aide]]=""Consigne"",[@Solution],[@[Valeur Action]])"
    'sh.Range("J3").Select
    Dim r As Range
    Dim r2 As Range
    Set r1 = sh.Range("A2")
    Set r2 = sh.Range("A2").End(xlDown)
    Dim rCol
    Set rCol = Range(r1, r2)
    For Each r In rCol
        If (r.Offset(0, 7).Value = "Consigne") Then
            r.Offset(0, 9) = r.Offset(0, 4)
        Else
            r.Offset(0, 9) = r.Offset(0, 8)
        End If
    Next
End Sub
Sub MettreDurees(wb As Workbook)
Dim sh As Worksheet
Dim e As Integer
Dim c As Integer
Dim ee As Integer
Dim cc As Integer
```

```
Dim t1 As Date
Dim t2 As Date
Dim r1 As Range
Dim r2 As Range
Dim duree As Double
Dim valeurAction As String
Dim action As String
Dim r As Range
Set sh = wb.Sheets(1)
Dim tb As ListObject
Set tb = sh.ListObjects("Tableau1")
Set r = tb.DataBodyRange
Dim fin As Integer
fin = r.End(xlDown).Row
        ' nouveau t1
        t1 = r.Cells(1, 1)
        Set r1 = r.Cells(1, 1)
    ' cc et ee sont resp la catégorie et l'exercice courant
    cc = r.Cells(1, 2)
    ee = r.Cells(1, 3)
' parcourir la table et relever le temps mis pour résoudre chaque exercice
For i = 2 To fin
    c = r.Cells(i, 2)
    e = r.Cells(i, 3)
    ' nouvel exercice
    If (c <> cc Or e <> ee) Then
        action = r.Cells(i - 1, 7)
        valeurAction = r.Cells(i - 1, 9)
        ' fin réussie (bonne rep) et cohérente de l'exercice en cours
        If (valeurAction = "Bonne réponse !") Then
            t2 = r.Cells(i - 1, 1)
            Set r2 = r.Cells(i - 1, 1)
            'duree = t2 - t1
            duree = DateDiff("s", t1, t2)
            r.Cells(i - 1, 12) = duree
            ' mettre le nombre d'actions
            r.Cells(i - 1, 13) = r2.Row - r1.Row
        ' fin incohérente
        Else
            Debug.Print "Erreur à la ligne " & i & ": exercice"
        End If
        ' nouveau t1
        t1 = r.Cells(i, 1)
        Set r1 = r.Cells(i, 1)
        cc = c
        ee = e
    End If
Next
End Sub
Sub traiterTous()
Dim fichier As String
Dim dResultat As String
Dim dLectus As String
dLectus = "c:/lectus/"
dResultat = dLectus & "resultat/"
fichier = Dir(dResultat, vbDirectory)
Dim arrList As Object
Set arrList = CreateObject("System.Collections.ArrayList") 'Create the ArrayList
Dim bigrammes As Variant
Set bigrammes = obtenirBigrammes
```

```
' je parcours le dossier resultat et je stocke les chemins dans la arraylist
Do While Len(fichier) > 0
   Debug.Print (fichier)
   fichier = Dir
   If (fichier <> "." And fichier <> ".." And fichier <> "") Then
      arrList.Add fichier
   End If
Loop
Dim element As Variant
Dim dEleve As String
For Each element In arrList
   dEleve = dResultat & element
   Debug.Print dEleve
   traiterDossierEleve dEleve, bigrammes
Next element
End Sub
Sub Macro2()
" Macro2 Macro
   Dim nomFeuil As String
   If (lg = 1) Then
      nomFeuil = "Feuil1"
   Else
      nomFeuil = "Sheet1"
   End If
   Sheets.Add
   ActiveWorkbook.PivotCaches.Create(SourceType:=xlDatabase, SourceData:= _
      "Tableau1", Version:=6).CreatePivotTable TableDestination:=nomFeuil & "!R3C1", _
      TableName:="PivotTable2", DefaultVersion:=6
   Sheets(nomFeuil).Select
   Cells(3, 1).Select
   With ActiveSheet.PivotTables("PivotTable2").PivotFields("Niveau")
      .Orientation = xlRowField
      .Position = 1
   End With
   With ActiveSheet.PivotTables("PivotTable2").PivotFields("N° Exercice")
      .Orientation = xlColumnField
      .Position = 1
   End With
   ActiveSheet.PivotTables("PivotTable2").AddDataField ActiveSheet.PivotTables( _
      "PivotTable2").PivotFields("Action"), "Count of Action", xlCount
End Sub
Sub traiterDossierEleve(dEleve As String, bigrammes As Variant)
Dim wb As Excel.Workbook
Dim parts() As String
Dim fEleve As String
fEleve = dEleve & "/log"
Dim fname As String
If (mode = 1) Then
   fname = fEleve & "-tcd.xlsm"
Else
   parts = Split(dEleve, "/")
   fname = "____" & parts(UBound(parts)) & ".xlsm"
End If
Set wb = Workbooks.Open(fEleve & ".csv", ReadOnly:=msoFalse, local:=True)
wb.SaveAs Filename:=fname, FileFormat:=xlOpenXMLWorkbookMacroEnabled, CreateBackup:=False
AjouterEntete wb
TransformerEnTableau wb
CreerValeurAction2 wb
MettreDurees wb
CreerTCD1 wb
```

```
CreerTCD2 wb
EtudierBigrammes wb, bigrammes
wb.Close
End Sub
Sub CreerTCD1(wb As Workbook)
' CreerTCD1 Macro
Dim sh1 As Worksheet
Dim sh2 As Worksheet
Dim pt As PivotTable
Set sh1 = wb.Sheets(1)
    Set sh2 = wb.Sheets.Add
    Dim nomFeuil As String
    If (lg = 1) Then
        nomFeuil = "Feuil1"
    Else
        nomFeuil = "Sheet1"
    End If
    Set pt = wb.PivotCaches.Create(SourceType:=xlDatabase, SourceData:= _
        "Tableau1", Version:=6).CreatePivotTable(TableDestination:=nomFeuil & "!R3C1", _
        TableName:="PivotTable2", DefaultVersion:=6)
    'ActiveWorkbook.PivotCaches.Create(SourceType:=xlDatabase, SourceData:= _
    '    "Tableau1", Version:=6).CreatePivotTable TableDestination:="Feuil1!R1C1", _
    '    TableName:="Tableau croisé dynamique2", DefaultVersion:=6
    With pt.PivotFields("Niveau")
        .Orientation = xlColumnField
        .Position = 1
    End With
    With pt.PivotFields("N° Exercice")
        .Orientation = xlColumnField
        .Position = 2
    End With
    With pt.PivotFields("Type d'aide")
        .Orientation = xlRowField
        .Position = 1
    End With
    With pt.PivotFields("Action")
        .Orientation = xlRowField
        .Position = 2
    End With
    pt.AddDataField pt.PivotFields("Temps"), "Count of Temps", xlCount
End Sub
Sub CreerTCD2(wb As Workbook)
' creerTCD2 Macro
Dim sh1 As Worksheet
Dim sh2 As Worksheet
Dim pt As PivotTable
Set sh1 = wb.Sheets(1)
   Dim nomFeuil As String
    If (lg = 1) Then
        nomFeuil = "Feuil1"
    Else
        nomFeuil = "Sheet1"
    End If
   sh1.Range("A24").Select
    Set pt = sh1.PivotTables("PivotTable2").PivotCache. _
        CreatePivotTable(TableDestination:=nomFeuil & "!R24C1", TableName:="PivotTable5" _
        , DefaultVersion:=6)
        Sheets(nomFeuil).Select
        Cells(24, 1).Select
    With pt.PivotFields("Type d'aide")
```

```
        .Orientation = xlRowField
        .Position = 1
    End With
    With pt.PivotFields("Valeur Action 2")         .Orientation = xlRowField
        .Position = 2
    End With
    pt.AddDataField pt.PivotFields("Temps"), "Count of Temps", xlCount
    pt.DataPivotField.PivotItems( _
        "Count of Temps").Caption = "Nombre"
    Range("A24").Select
On Error GoTo Error_MayCauseAnError
    With pt.PivotFields("Type d'aide")
        .PivotItems("Sans aide").Visible = False
        .PivotItems("(blank)").Visible = False
    End With
Error_MayCauseAnError:
End Sub
Sub EtudierBigrammes(wb As Workbook, bigrammes As Variant)
Dim sh1 As Worksheet
Dim sh2 As Worksheet
Dim tb As ListObject
Dim rDebut As Range
Dim ligne As Integer
Dim i As Integer
Dim critere As String
Set sh1 = wb.Sheets("log")
Set tb = sh1.ListObjects("Tableau1")
'Dim bigrammes() As String
'ReDim bigrammes(1)
'bigrammes(0) = "DA"
'bigrammes(1) = "RE"
' etude a)
faireEtude wb, sh1, tb, TITRE_SUCCES, bigrammes, "", Array(9, 5), Array(1, 2) ' etude b)
faireEtude wb, sh1, tb, TITRE_AIDE, bigrammes, "Consulter Aide", Array(7, 10), Array(2, 2) ' etude c)
faireEtude wb, sh1, tb, TITRE_DEFILER, bigrammes, "Défiler", Array(7, 6), Array(2, 2)
End Sub
Sub faireEtude(wb As Workbook, sh1 As Worksheet, tb As ListObject, titre As String, bigrammes As Variant,
critere1 As String, cols As Variant, typeFiltres As Variant)
    Dim sh2 As Worksheet
    Dim rDebut As Range
    Dim ligne As Integer
    Dim derniere As Integer
    Dim i As Integer
    Dim critere2 As String
    ' etude b)
    Set sh2 = wb.Sheets.Add
    BlanchirFeuille sh2
    sh2.Name = titre
    derniere = 1
    ligne = 1
    For Each bigramme In bigrammes
        tb.AutoFilter.ShowAllData
        filtrer tb, CInt(cols(0)), critere1, CInt(typeFiltres(0))
        critere2 = "=*" & bigramme & "*"
        filtrer tb, CInt(cols(1)), critere2, CInt(typeFiltres(1))
        sh2.Activate
        Set rDebut = sh2.Cells(ligne, 1)
        rDebut = bigramme
        mettreMiseEnFormeBigramme rDebut
        ligne = ligne + 1
```

```
        derniere = CopierTable(sh1, sh2, ligne, CInt(cols(0)), CInt(cols(1)))
        ligne = derniere + 2
    Next
    sh2.Columns("A:L").EntireColumn.AutoFit
    sh2.Range("A1").Select
End Sub
Function obtenirBigrammes() As Variant
    Dim mots As Variant
    Dim r1 As Excel.Range
    Dim r2 As Excel.Range
    Dim rVoyelles As Excel.Range
    Dim r As Excel.Range
    Dim tousLesBigrammes As Variant
    Dim exc As Excel.Workbook
    Set exc = Workbooks.Open(LECTUS & "fichiers\listeaetudier.xlsx", ReadOnly:=msoTrue)
    Set tousLesBigrammes = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
    Dim vus As Variant
    Set vus = CreateObject("Scripting.Dictionary")
    Set solutions = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
    Set deb = Range("B3")
    ' nb de mots
    Set r1 = deb
    Set r2 = deb.End(xlDown)
    Set rVoyelles = Range(r1, r2)
    nMots = r2.Row - r1.Row + 1
   Dim bigrammesDeMot As Variant
    'remplir les mots
    For Each r In rVoyelles
        Set bigrammesDeMot = obtenirBigrammesDeMot(r.Value)
        For Each bigramme In bigrammesDeMot
            If Not vus.Exists(bigramme) Then
                vus.Add bigramme, bigramme
                tousLesBigrammes.Add bigramme
            End If
        Next
    Next
    exc.Close SaveChanges:=False
    ' fermer toute l'application excel, càd tous les fichier ouverts!
    'Excel.Application.Quit
    Set obtenirBigrammes = tousLesBigrammes
End Function
Function obtenirBigrammesDeMot(mot As String) As Variant
    Dim bigrammes As Variant
    Dim bigramme As String
    Set bigrammes = CreateObject("System.Collections.ArrayList")
    bigramme = Mid(mot, 3, 2)
    For i = 0 To (Len(mot) / 2) - 1
        bigramme = Mid(mot, 2 * i + 1, 2)
        bigrammes.Add bigramme
    Next
    Set obtenirBigrammesDeMot = bigrammes
End Function
Sub mettreMiseEnFormeBigramme(r As Range)
    r.Select
    With Selection.Font
        .Name = "Calibri"
        .Size = 22
        .Strikethrough = False
        .Superscript = False
        .Subscript = False
```

```
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .Color = -16727809
        .TintAndShade = 0
        .ThemeFont = xlThemeFontMinor
    End With
End Sub
Sub filtrer(tb As ListObject, fieldPos As Integer, criteria As String, typeFiltre As Integer)
    If typeFiltre = 1 Then
        tb.Range.AutoFilter Field:=fieldPos, Criteria1:= _
            "=Bonne réponse !", Operator:=xlOr, Criteria2:="=Mauvaise réponse !"
    Else
        critere = "=*" & bigramme & "*"
        tb.Range.AutoFilter Field:=fieldPos, Criteria1:=criteria
    End If
End Sub
Function CopierTable(sh1 As Worksheet, sh2 As Worksheet, ligne As Integer, col1 As Integer, col2 As Integer)
As Integer
' CopyTable Macro
Dim r As Range
' c'est la colonne sans l'entete
Dim rCol As Range
Dim r1 As Range
Dim r2 As Range
Dim taille As Integer
Dim derniere As Integer
sh1.Activate
    Set r = sh1.Range("Tableau1[#All]")
    r.Select
    Selection.Copy
    sh2.Activate
    sh2.Cells(ligne, 1).Select
    sh2.Paste
   cols = Array(col1, col2)
    taille = Selection.Rows.Count
    ' il y a deux colonnes à mettre en évidence
    For i = 0 To 1
        Set r1 = Selection.Cells(2, cols(i))
        Set r2 = Selection.Cells(taille, cols(i))
        derniere = r2.Row
        With Range(r1, r2).Interior
            .Pattern = xlSolid
            .PatternColorIndex = xlAutomatic
            .ThemeColor = xlThemeColorAccent1
            .TintAndShade = 0.799981688894314
            .PatternTintAndShade = 0
        End With
    Next
    CopierTable = derniere
End Function

Sub BlanchirFeuille(sh1 As Worksheet)
 White Macro
    sh1.Cells.Select
    Application.CutCopyMode = False
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlNone
```

```
    Selection.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlNone
    Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlNone
    With Selection.Interior
        .PatternThemeColor = xlThemeColorLight1
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
        .PatternTintAndShade = 0
    End With
End Sub
```

Tableau 96 - somme de fréquences des bigrammes des mots de la série A -

DA	ME	13	DE	VI	NE	36	LA	TI	TU	DE	45
DA	TE	20	DO	MI	NO	20	MA	NI	PU	LE	27
D E	MI	29	LA	PI	NE	30	MA	RI	TI	ME	39
DU	NE	12	LI	MI	TE	41	MA	TI	NA	LE	42
LA	MA	21	MA	DA	ME	23	MI	NI	MA	LE	37
LA	ME	19	MA	LA	DE	38	PO	SI	TI	VE	30
LA	VE	19	MI	NU	TE	30	RE	VI	SI	TE	45
LI	RE	31	MO	TI	VE	25	SI	MU	LE	RA	36
LO	TO	11	NA	DI	NE	24	SO	LI	TU	DE	43
LU	NE	14	NA	RI	NE	28	TI	RE	LI	RE	60
MI	DI	17	NA	VI	RE	33	TO	TA	LI	SE	29
MI	NE	23	PA	RO	LE	22	VA	LI	DE	RA	51
MO	DE	22	PA	TA	TE	26	VA	PO	RI	SE	22
MO	TO	11	PE	LO	TE	27	VI	SI	TE	RA	44
MU	RE	20	PI	LO	TE	28	VO	LA	TI	LE	42
NA	NA	16	PI	RA	TE	39	MA	RA	DO	NA	37
PA	PA	12	RA	DI	NE	32	SO	NO	RI	SE	RA
PA	PI	14	RA	MO	NE	32	VO	LA	TI	LI	SE
PI	LE	20	RA	PI	DE	41					
PI	PE	15	RE	LI	RE	48					
PO	LI	19	RE	TI	RE	46					
RA	ME	24	RI	VA	LE	25					
RA	RE	33	RU	MI	NE	25					
RI	DE	26	SA	LA	DE	35					
RI	RE	26	SA	LA	MI	30					
RI	VE	17	SO	NO	RE	29					
RO	ME	12	SA	ME	DI	20					
SA	LE	19	SA	TU	RE	29					
SA	PE	14	SO	LI	DE	38					
SI	TE	20	SO	NO	RE	29					
SO	DA	12	TA	PE	RA	28					
TA	PE	12	TA	PO	TE	25					
VE	LU	11	TI	MI	DE	29					
VE	NU	11	TI	RA	DE	45					
VI	DE	25	TO	MA	TE	31					
VI	TE	23	TO	RE	RO	27					
VO	LE	19	TU	LI	PE	26					
VO	MI	19	VA	LI	DE	35					
VO	TE	22	VI	DE	RA	41					
LO	VE	13	VO	LE	RA	35					

Figure 87 - somme de fréquences des différents bigrammes des mots de la série B

CA	LE	19		CA	LE	RA	41		CA	LI	ME	RO	43		
CA	VE	17		CE	RI	SE	24		CA	MA	RA	DE	59		
CO	DE	29		LA	VE	RA	44		LA	TI	TU	DE	52		
CO	TE	23		LI	MA	CE	33		CO	CO	RI	CO	30		
CU	RE	25		LI	MI	TE	40		LA	TI	TU	DE	52		
CU	VE	12		MA	DA	ME	26		LI	MI	TE	RA	62		
DA	ME	16		MA	LA	DE	41		MA	RI	TI	ME	48		
DA	TE	18		ME	SU	RE	38		ME	SU	RE	RA	60		
DE	MI	27		MO	TI	VE	32		MO	TI	VE	RA	54		
DI	RE	28		PA	RO	LE	22		PO	SI	TI	VE	36		
DI	CO	14		PE	LO	TE	26		RA	CO	MO	DE	59		
DU	RE	26		PI	LO	TE	27		RA	VI	SE	RA	58		
LA	MA	21		PO	LI	CE	30		RE	VI	SI	TE	47		
LA	ME	23		RA	PI	DE	50		RI	VA	LI	SE	46		
LA	VE	21		RE	TI	RE	60		SO	LI	TU	DE	49		
LI	RE	42		RI	VA	LE	31		TA	PO	TE	RA	49		
LO	TO	13		SA	LA	DE	38		TI	RE	LI	RE	79		
MA	RE	33		SA	LA	MI	25		TO	TA	LI	SE	41		
MA	RI	22		SA	ME	DI	24		VO	LA	TI	LE	37		
MI	DI	12		SA	TU	RE	37		RI	VA	LI	SE	46		
MO	DE	28		SI	MU	LE	20		LO	CO	MO	TI	VE	46	
MO	TO	16		SO	LI	DE	42		TO	TA	LI	SE	RA	63	
MU	RE	26		ME	SU	RE	38		VA	PO	RI	SE	RA	56	
PA	PA	10		TA	PO	TE	27								
PA	PI	13		TI	MI	DE	41								
PI	LE	20		TI	RA	DE	56								
PI	PE	15		TO	MA	TE	32								
PI	RE	31		TO	RE	RO	36								
PO	LI	26		TU	LI	PE	33								
RA	ME	34		VA	LI	DE	46								
RA	RE	45		VO	TE	RA	40								
RI	ME	24		CO	DE	RA	51								
RI	RE	35		PI	RA	TE	44								
RI	VE	22		TO	RE	RO	36								
SA	LE	19		TU	LI	PE	33								
SA	PE	14		VA	LI	DE	46								
SI	TE	19		MO	D U	LE	23								
TA	PE	13		VI	DE	RA	47								
TI	RE	37		RE	CA	LE	42								
VI	DE	25		VO	LE	RA	38								

Tableau 97 - tableau des coefficients par lettres des mots d'exercices -

D	A	M	E								31	72	38	99							60	240
D	A	T	E								31	72	43	99							61	245
D	E	M	I								31	99	38	76							61	244
D	U	N	E								31	20	30	99							45	180
L	A	M	A								45	72	38	72							57	227
L	A	M	E								45	72	38	99							64	254
L	A	V	E								45	72	27	99							61	243
L	I	R	E								45	76	48	99							67	268
L	O	T	O								45	47	43	47							46	182
L	U	N	E								45	20	30	99							49	194
M	I	D	I								38	76	31	76							55	221
M	I	N	E								38	76	30	99							61	243
M	O	D	E								38	47	31	99							54	215
M	O	T	O								38	47	43	47							44	175
M	U	R	E								38	20	48	99							51	205
N	A	N	A								30	72	30	72							51	204
P	A	P	A								28	72	28	72							50	200
P	A	P	I								28	72	28	76							51	204
P	I	L	E								28	76	45	99							62	248
P	I	P	E								28	76	28	99							58	231
P	O	L	I								28	47	45	76							49	196
R	A	M	E								48	72	38	99							64	257
R	A	R	E								48	72	48	99							67	267
R	I	D	E								48	76	31	99							64	254
R	I	R	E								48	76	48	99							68	271
R	I	V	E								48	76	27	99							63	250
R	O	M	E								48	47	38	99							58	232
S	A	L	E								24	72	45	99							60	240
S	A	P	E								24	72	28	99							56	223
S	I	T	E								24	76	43	99							61	242
S	O	D	A								24	47	31	72							44	174
T	A	P	E								43	72	28	99							61	242
V	E	L	U								27	99	45	20							48	191
V	E	N	U								27	99	30	20							44	176
V	I	D	E								27	76	31	99							58	233
V	I	T	E								27	76	43	99							61	245
V	O	L	E								27	47	45	99							55	218
V	O	M	I								27	47	38	76							47	188
V	O	T	E								27	47	43	99							54	216
L	O	V	E								45	47	27	99							55	218
D	E	V	I	N	E						31	99	27	76	30	99					60	362
D	O	M	I	N	O						31	47	38	76	30	47					45	269
L	A	P	I	N	E						45	72	28	76	30	99					58	350
L	I	M	I	T	E						45	76	38	76	43	99					63	377
M	A	D	A	M	E						38	72	31	72	38	99					58	350
M	A	L	A	D	E						38	72	45	72	31	99					60	357
M	I	N	U	T	E						38	76	30	20	43	99					51	306
M	O	T	I	V	E						38	47	43	76	27	99					55	330
N	A	D	I	N	E						30	72	31	76	30	99					56	338
N	A	R	I	N	E						30	72	48	76	30	99					59	355
N	A	V	I	R	E						30	72	27	76	48	99					59	352
P	A	R	O	L	E						28	72	48	47	45	99					57	339
P	A	T	A	T	E						28	72	43	72	43	99					60	357
P	E	L	O	T	E						28	99	45	47	43	99					60	361
P	I	L	O	T	E						28	76	45	47	43	99					56	338
P	I	R	A	T	E						28	76	48	72	43	99					61	366
R	A	D	I	N	E						48	72	31	76	30	99					59	356
R	A	M	O	N	E						48	72	38	47	30	99					56	334
R	A	P	I	D	E						48	72	28	76	31	99					59	354
R	E	L	I	R	E						48	99	45	76	48	99					69	415
R	E	T	I	R	E						48	99	43	76	48	99					69	413
R	I	V	A	L	E						48	76	27	72	45	99					61	367
R	U	M	I	N	E						48	20	38	76	30	99					52	311
S	A	L	A	D	E						24	72	45	72	31	99					57	343
S	A	L	A	M	I						24	72	45	72	38	76					55	327
S	O	N	O	R	E						24	47	30	47	48	99					49	295
S	A	M	E	D	I						24	72	38	99	31	76					57	340
S	A	T	U	R	E						24	72	43	20	48	99					51	306
S	O	L	I	D	E						24	47	45	76	31	99					54	322
S	O	N	O	R	E						24	47	30	47	48	99					49	295
T	A	P	E	R	A						43	72	28	99	48	72					60	362
T	A	P	O	T	E						43	72	28	47	43	99					55	332
T	I	M	I	D	E						43	76	38	76	31	99					61	363
T	I	R	A	D	E						43	76	48	72	31	99					62	369
T	O	M	A	T	E						43	47	38	72	43	99					57	342
T	O	R	E	R	O						43	47	48	99	48	47					55	332
T	U	L	I	P	E						43	20	45	76	28	99					52	311
V	A	L	I	D	E						27	72	45	76	31	99					58	350
V	I	D	E	R	A						27	76	31	99	48	72					59	353
V	O	L	E	R	A						27	47	45	99	48	72					56	338
L	A	T	I	T	U	D	E				45	72	43	76	43	20	31	99			54	429
M	A	N	I	P	U	L	E				38	72	30	76	28	20	45	99			51	408
M	A	R	I	T	I	M	E				38	72	48	76	43	76	38	99			61	490
M	A	T	I	N	A	L	E				38	72	43	76	30	72	45	99			59	475
M	I	N	I	M	A	L	E				38	76	30	76	38	72	45	99			59	474
P	O	S	I	T	I	V	E				28	47	24	76	43	76	27	99			53	420
R	E	V	I	S	I	T	E				48	99	27	76	24	76	43	99			62	492
S	I	M	U	L	E	R	A				24	76	38	20	45	99	48	72			53	422
S	O	L	I	T	U	D	E				24	47	45	76	43	20	31	99			48	385
T	I	R	E	L	I	R	E				43	76	48	99	45	76	48	99			67	534
T	O	T	A	L	I	S	E				43	47	43	72	45	76	24	99			56	449
V	A	L	I	D	E	R	A				27	72	45	76	31	99	48	72			59	470
V	A	P	O	R	I	S	E				27	72	28	47	48	76	24	99			53	421
V	I	S	I	T	E	R	A				27	76	24	76	43	99	48	72			58	465
V	O	L	A	T	I	L	E				27	47	45	72	43	76	45	99			57	454
M	A	R	A	D	O	N	A				38	72	48	72	31	47	30	72			51	410
S	O	N	O	R	I	S	E	R	A		24	47	30	47	48	76	24	99	48	72	52	515
V	O	L	A	T	I	L	I	S	E		27	47	45	72	43	76	45	76	24	99	55	554
																					moy	som
								moyenne			35,09	66,37	37,61	76,94	38,74	85,53	38,28	91,72	36,00	85,50		
								somme			3439	6504	3686	7540	2247	4961	689	1651	72	171		

D	A	M	E								10	45	15	33								103	25,75
D	A	T	E								10	45	13	33								101	25,25
D	E	M	I								10	16	15	32								73	18,25
D	U	N	E								10	12	11	33								66	16,50
L	A	M	A								16	45	15	17								93	23,25
L	A	M	E								16	45	15	33								109	27,25
L	A	V	E								16	45	7	33								101	25,25
L	I	R	E								16	32	12	33								93	23,25
L	O	T	O								16	33	13	11								73	18,25
L	U	N	E								16	12	11	33								72	18,00
M	I	D	I								19	32	9	32								92	23,00
M	I	N	E								19	32	11	33								95	23,75
M	O	D	E								19	33	9	33								94	23,50
M	O	T	O								19	33	13	11								76	19,00
M	U	R	E								19	12	12	33								76	19,00
N	A	N	A								9	45	11	17								82	20,50
P	A	P	A								16	45	10	17								88	22,00
P	A	P	I								16	45	10	32								103	25,75
P	I	L	E								16	32	19	33								100	25,00
P	I	P	E								16	32	10	33								91	22,75
P	O	L	I								16	33	19	32								100	25,00
R	A	M	E								19	45	15	33								112	28,00
R	A	R	E								19	45	12	33								109	27,25
R	I	D	E								19	32	9	33								93	23,25
R	I	R	E								19	32	12	33								96	24,00
R	I	V	E								19	32	7	33								91	22,75
R	O	M	E								19	33	15	33								100	25,00
S	A	L	E								17	45	19	33								114	28,50
S	A	P	E								17	45	10	33								105	26,25
S	I	T	E								17	32	13	33								95	23,75
S	O	D	A								17	33	9	17								76	19,00
T	A	P	E								14	45	10	33								102	25,50
V	E	L	U								18	16	19	5								58	14,50
V	E	N	U								18	16	11	5								50	12,50
V	I	D	E								18	32	9	33								92	23,00
V	I	T	E								18	32	13	33								96	24,00
V	O	L	E								18	33	19	33								103	25,75
V	O	M	I								18	33	15	32								98	24,50
V	O	T	E								18	33	13	33								97	24,25
L	O	V	E								16	33	7	33								89	22,25
D	E	V	I	N	E						10	16	7	32	9	36						110	18,33
D	O	M	I	N	O						10	33	15	32	9	3						102	17,00
L	A	P	I	N	E						16	45	10	32	9	36						148	24,67
L	I	M	I	T	E						16	32	15	32	15	36						146	24,33
M	A	D	A	M	E						19	45	9	17	3	36						129	21,50
M	A	L	A	D	E						19	45	19	17	10	36						146	24,33
M	I	N	U	T	E						19	32	11	5	15	36						118	19,67
M	O	T	I	V	E						19	33	13	32	1	36						134	22,33
N	A	D	I	N	E						9	45	9	32	9	36						140	23,33
N	A	R	I	N	E						9	45	12	32	9	36						143	23,83
N	A	V	I	R	E						9	45	7	32	12	36						141	23,50
P	A	R	O	L	E						16	45	12	11	5	36						125	20,83
P	A	T	A	T	E						16	45	13	17	15	36						142	23,67
P	E	L	O	T	E						16	16	19	11	15	36						113	18,83
P	I	L	O	T	E						16	32	19	11	15	36						129	21,50
P	I	R	A	T	E						16	32	12	17	15	36						128	21,33
R	A	D	I	N	E						19	45	9	32	9	36						150	25,00
R	A	M	O	N	E						19	45	15	11	9	36						135	22,50
R	A	P	I	D	E						19	45	10	32	10	36						152	25,33
R	E	L	I	R	E						19	16	19	32	12	36						134	22,33
R	E	T	I	R	E						19	16	13	32	12	36						128	21,33
R	I	V	A	L	E						19	32	7	17	5	36						116	19,33
R	U	M	I	N	E						19	12	15	32	9	36						123	20,50
S	A	L	A	D	E						17	45	19	17	10	36						144	24,00
S	A	L	A	M	I						17	45	19	17	3	11						112	18,67
S	O	N	O	R	E						17	33	11	11	12	36						120	20,00
S	A	M	E	D	I						17	45	15	33	10	11						131	21,83
S	A	T	U	R	E						17	45	13	5	12	36						128	21,33
S	O	L	I	D	E						17	33	19	32	10	36						147	24,50
S	O	N	O	R	E						17	33	11	11	12	36						120	20,00
T	A	P	E	R	A						14	45	10	33	12	5						119	19,83
T	A	P	O	T	E						14	45	10	11	15	36						131	21,83
T	I	M	I	D	E						14	32	15	32	10	36						139	23,17
T	I	R	A	D	E						14	32	12	17	10	36						121	20,17
T	O	M	A	T	E						14	33	15	17	15	36						130	21,67
T	O	R	E	R	O						14	33	12	33	12	3						107	17,83
T	U	L	I	P	E						14	12	19	32	2	36						115	19,17
V	A	L	I	D	E						18	45	19	32	10	36						160	26,67
V	I	D	E	R	A						18	32	9	33	12	5						109	18,17
V	O	L	E	R	A						18	33	19	33	12	5						120	20,00
L	A	T	I	T	U	D	E				16	45	13	32	15	3	2	13				139	17,38
M	A	N	I	P	U	L	E				19	45	11	32	2	3	5	13				130	16,25
M	A	R	I	T	I	M	E				19	45	12	32	15	11	1	13				148	18,50
M	A	T	I	N	A	L	E				19	45	13	32	9	5	5	13				141	17,63
M	I	N	I	M	A	L	E				19	32	11	32	3	5	5	13				120	15,00
P	O	S	I	T	I	V	E				16	33	2	32	15	11	1	13				123	15,38
R	E	V	I	S	I	T	E				19	16	7	32	1	11	1	13				100	12,50
S	I	M	U	L	E	R	A				17	32	15	5	5	36	4	4				118	14,75
S	O	L	I	T	U	D	E				17	33	19	32	15	3	2	13				134	16,75
T	I	R	E	L	I	R	E				14	32	12	33	5	11	4	13				124	15,50
T	O	T	A	L	I	S	E				14	33	13	17	5	11	3	13				109	13,63
V	A	L	I	D	E	R	A				18	45	19	32	10	36	4	4				168	21,00
V	A	P	O	R	I	S	E				18	45	10	11	12	11	3	13				123	15,38
V	I	S	I	T	E	R	A				18	32	2	32	15	36	4	4				143	17,88
V	O	L	A	T	I	L	E				18	33	19	17	15	11	5	13				131	16,38
M	A	R	A	D	O	N	A				19	45	12	17	10	3	1	4				111	13,88
S	O	N	O	R	I	S	E	R	A		17	33	11	11	12	11	3	13	1	1		113	14,13
V	O	L	A	T	I	L	I	S	E		18	33	19	17	15	11	5	1	1	1		121	15,13
								moy			16,4	35	12,8	26	10	25,2	3,2	10	1	1		113,65	21,08
								som			1612	3426	1254	2548	590	1460	58	186	2	2		11138	2065,42

C	A	L	E							22	79	48	110								64,8	259
C	A	V	E							22	79	26	110								59,3	237
C	O	D	E							22	50	32	110								53,5	214
C	O	T	E							22	50	49	110								57,8	231
C	U	R	E							22	20	62	110								53,5	214
C	U	V	E							22	20	26	110								44,5	178
D	A	M	E							32	79	40	110								65,3	261
D	A	T	E							32	79	49	110								67,5	270
D	E	M	I							32	110	40	76								64,5	258
D	I	R	E							32	76	62	110								70	280
D	I	C	O							32	76	22	50								45	180
D	U	R	E							32	20	62	110								56	224
L	A	M	A							48	79	40	79								61,5	246
L	A	M	E							48	79	40	110								69,3	277
L	A	V	E							48	79	26	110								65,8	263
L	I	R	E							48	76	62	110								74	296
L	O	T	O							48	50	49	50								49,3	197
M	A	R	E							40	79	62	110								72,8	291
M	A	R	I							40	79	62	76								64,3	257
M	I	D	I							40	76	32	76								56	224
M	O	D	E							40	50	32	110								58	232
M	O	T	O							40	50	49	50								47,3	189
M	U	R	E							40	20	62	110								58	232
P	A	P	A							27	79	27	79								53	212
P	A	P	I							27	79	27	76								52,3	209
P	I	L	E							27	76	48	110								65,3	261
P	I	P	E							27	76	27	110								60	240
P	I	R	E							27	76	62	110								68,8	275
P	O	L	I							27	50	48	76								50,3	201
R	A	M	E							62	79	40	110								72,8	291
R	A	R	E							62	79	62	110								78,3	313
R	I	M	E							62	76	40	110								72	288
R	I	R	E							62	76	62	110								77,5	310
R	I	V	E							62	76	26	110								68,5	274
S	A	L	E							26	79	48	110								65,8	263
S	A	P	E							26	79	27	110								60,5	242
S	I	T	E							26	76	49	110								65,3	261
T	A	P	E							49	79	27	110								66,3	265
T	I	R	E							49	76	62	110								74,3	297
V	I	D	E							26	76	32	110								61	244
C	A	L	E	R	A					22	79	48	110	62	79						66,7	400
C	E	R	I	S	E					22	110	62	76	26	110						67,7	406
L	A	V	E	R	A					48	79	26	110	62	79						67,3	404
L	I	M	A	C	E					48	76	40	79	22	110						62,5	375
L	I	M	I	T	E					48	76	40	76	49	110						66,5	399
M	A	D	A	M	E					40	79	32	79	40	110						63,3	380
M	A	L	A	D	E					40	79	48	79	32	110						64,7	388
M	E	S	U	R	E					40	110	26	20	62	110						61,3	368
M	O	T	I	V	E					40	50	49	76	26	110						58,5	351
P	A	R	O	L	E					27	79	62	50	48	110						62,7	376
P	E	L	O	T	E					27	110	48	50	49	110						65,7	394
P	I	L	O	T	E					27	76	48	50	49	110						60	360
P	O	L	I	C	E					27	50	48	76	22	110						55,5	333
R	A	P	I	D	E					62	79	27	76	32	110						64,3	386
R	E	T	I	R	E					62	110	49	76	62	110						78,2	469
R	I	V	A	L	E					62	76	26	79	48	110						66,8	401
S	A	L	A	D	E					26	79	48	79	32	110						62,3	374
S	A	L	A	M	I					26	79	48	79	40	76						58	348
S	A	M	E	D	I					26	79	40	110	32	76						60,5	363
S	A	T	U	R	E					26	79	49	20	62	110						57,7	346
S	I	M	U	L	E					26	76	40	20	48	110						53,3	320
S	O	L	I	D	E					26	50	48	76	32	110						57	342
M	E	S	U	R	E					40	110	26	20	62	110						61,3	368
T	A	P	O	T	E					49	79	27	50	49	110						60,7	364
T	I	M	I	D	E					49	76	40	76	32	110						63,8	383
T	I	R	A	D	E					49	76	62	79	32	110						68	408
T	O	M	A	T	E					49	50	40	79	49	110						62,8	377
T	O	R	E	R	O					49	50	62	110	62	50						63,8	383
T	U	L	I	P	E					49	20	48	76	27	110						55	330
V	A	L	I	D	E					26	79	48	76	32	110						61,8	371
V	O	T	E	R	A					26	50	49	110	62	79						62,7	376
C	O	D	E	R	A					22	50	32	110	62	79						59,2	355
P	I	R	A	T	E					27	76	62	79	49	110						67,2	403
T	O	R	E	R	O					49	50	62	110	62	50						63,8	383
T	U	L	I	P	E					49	20	48	76	27	110						55	330
V	A	L	I	D	E					26	79	48	76	32	110						61,8	371
M	O	D	U	L	E					40	50	32	20	48	110						50	300
V	I	D	E	R	A					26	76	32	110	62	79						64,2	385
R	E	C	A	L	E					62	110	22	79	48	110						71,8	431
V	O	L	E	R	A					26	50	48	110	62	79						62,5	375
C	A	L	I	M	E	R	O			22	79	48	76	40	110	62	50				60,9	487
C	A	M	A	R	A	D	E			22	79	40	79	62	79	32	110				62,9	503
L	A	T	I	T	U	D	E			48	79	49	76	49	20	32	110				57,9	463
C	O	C	O	R	I	C	O			22	50	22	50	62	76	22	50				44,3	354
L	A	T	I	T	U	D	E			48	79	49	76	49	20	32	110				57,9	463
L	I	M	I	T	E	R	A			48	76	40	76	49	110	62	79				67,5	540
M	A	R	I	T	I	M	E			40	79	62	76	49	76	40	110				66,5	532
M	E	S	U	R	E	R	A			40	110	26	20	62	110	62	79				63,6	509
M	O	T	I	V	E	R	A			40	50	49	76	26	110	62	79				61,5	492
P	O	S	I	T	I	V	E			27	50	26	76	49	76	26	110				55	440
R	A	C	O	M	O	D	E			62	79	22	50	40	50	32	110				55,6	445
R	A	V	I	S	E	R	A			62	79	26	76	26	110	62	79				65	520
R	E	V	I	S	I	T	E			62	110	26	76	26	76	49	110				66,9	535
R	I	V	A	L	I	S	E			62	76	26	79	48	76	26	110				62,9	503
S	O	L	I	T	U	D	E			26	50	48	76	49	20	32	110				51,4	411
T	A	P	O	T	E	R	A			49	79	27	50	49	110	62	79				63,1	505
T	I	R	E	L	I	R	E			49	76	62	110	48	76	62	110				74,1	593
T	O	T	A	L	I	S	E			49	50	49	79	48	76	26	110				60,9	487
V	O	L	A	T	I	L	E			26	50	48	79	49	76	48	110				60,8	486
R	I	V	A	L	I	S	E			62	76	26	79	48	76	26	110				62,9	503
L	O	C	O	M	O	T	I	V	E	48	50	22	50	40	50	49	76	26	110		52,1	521
T	O	T	A	L	I	S	E	R	A	49	50	49	79	48	76	26	110	62	79		62,8	628
V	A	P	O	R	I	S	E	R	A	26	79	27	50	62	76	26	110	62	79		59,7	597
																					moy	som
							moyenne			38,6	70,8	42,3	83,4	45,6	91,4	41,7	96,6	50	89,3			
							somme			3978	7288	4357	8594	2874	5761	958	2221	150	268			

C	A	L	E							14	47	20	40							121	30,25
C	A	V	E							14	47	10	40							111	27,75
C	O	D	E							14	32	8	40							94	23,50
C	O	T	E							14	32	14	40							100	25,00
C	U	R	E							14	11	19	40							84	21,00
C	U	V	E							14	11	10	40							75	18,75
D	A	M	E							10	47	14	40							111	27,75
D	A	T	E							10	47	14	40							111	27,75
D	E	M	I							10	18	14	27							69	17,25
D	I	R	E							10	35	19	40							104	26,00
D	I	C	O							10	35	5	12							62	15,50
D	U	R	E							10	11	19	40							80	20,00
L	A	M	A							17	47	14	18							96	24,00
L	A	M	E							17	47	14	40							118	29,50
L	A	V	E							17	47	10	40							114	28,50
L	I	R	E							17	35	19	40							111	27,75
L	O	T	O							17	32	14	12							75	18,75
M	A	R	E							20	47	19	40							126	31,50
M	A	R	I							20	47	19	27							113	28,25
M	I	D	I							20	35	8	27							90	22,50
M	O	D	E							20	32	8	40							100	25,00
M	O	T	O							20	32	14	12							78	19,50
M	U	R	E							20	11	19	40							90	22,50
P	A	P	A							16	47	9	18							90	22,50
P	A	P	I							16	47	9	27							99	24,75
P	I	L	E							16	35	20	40							111	27,75
P	I	P	E							16	35	9	40							100	25,00
P	I	R	E							16	35	19	40							110	27,50
P	O	L	I							16	32	20	27							95	23,75
R	A	M	E							18	47	14	40							119	29,75
R	A	R	E							18	47	19	40							124	31,00
R	I	M	E							18	35	14	40							107	26,75
R	I	R	E							18	35	19	40							112	28,00
R	I	V	E							18	35	10	40							103	25,75
S	A	L	E							14	47	20	40							121	30,25
S	A	P	E							14	47	9	40							110	27,50
S	I	T	E							14	35	14	40							103	25,75
T	A	P	E							19	47	9	40							115	28,75
T	I	R	E							19	35	19	40							113	28,25
V	I	D	E							12	35	8	40							95	23,75
C	A	L	E	R	A					14	47	20	40	16	7					144	24,00
C	E	R	I	S	E					14	18	19	27	3	36					117	19,50
L	A	V	E	R	A					17	47	10	40	16	7					137	22,83
L	I	M	A	C	E					17	35	14	18	2	36					122	20,33
L	I	M	I	T	E					17	35	14	27	14	36					143	23,83
M	A	D	A	M	E					20	47	8	18	5	36					134	22,33
M	A	L	A	D	E					20	47	20	18	9	36					150	25,00
M	E	S	U	R	E					20	18	4	6	16	36					100	16,67
M	O	T	I	V	E					20	32	14	27	2	36					131	21,83
P	A	R	O	L	E					16	47	19	12	10	36					140	23,33
P	E	L	O	T	E					16	18	20	12	14	36					116	19,33
P	I	L	O	T	E					16	35	20	12	14	36					133	22,17
P	O	L	I	C	E					16	32	20	27	2	36					133	22,17
R	A	P	I	D	E					18	47	9	27	9	36					146	24,33
R	E	T	I	R	E					18	18	14	27	16	36					129	21,50
R	I	V	A	L	E					18	35	10	18	10	36					127	21,17
S	A	L	A	D	E					14	47	20	18	9	36					144	24,00
S	A	L	A	M	I					14	47	20	18	5	13					117	19,50
S	A	M	E	D	I					14	47	14	40	9	13					137	22,83
S	A	T	U	R	E					14	47	14	6	16	36					133	22,17
S	I	M	U	L	E					14	35	14	6	10	36					115	19,17
S	O	L	I	D	E					14	32	20	27	9	36					138	23,00
M	E	S	U	R	E					20	18	4	6	16	36					100	16,67
T	A	P	O	T	E					19	47	9	12	14	36					137	22,83
T	I	M	I	D	E					19	35	14	27	9	36					140	23,33
T	I	R	A	D	E					19	35	19	18	9	36					136	22,67
T	O	M	A	T	E					19	32	14	18	14	36					133	22,17
T	O	R	E	R	O					19	32	19	40	16	4					130	21,67
T	U	L	I	P	E					19	11	20	27	2	36					115	19,17
V	A	L	I	D	E					12	47	20	27	9	36					151	25,17
V	O	T	E	R	A					12	32	14	40	16	7					121	20,17
C	O	D	E	R	A					14	32	8	40	16	7					117	19,50
P	I	R	A	T	E					16	35	19	18	14	36					138	23,00
T	O	R	E	R	O					19	32	19	40	16	4					130	21,67
T	U	L	I	P	E					19	11	20	27	2	36					115	19,17
V	A	L	I	D	E					12	47	20	27	9	36					151	25,17
M	O	D	U	L	E					20	32	8	6	10	36					112	18,67
V	I	D	E	R	A					12	35	8	40	16	7					118	19,67
R	E	C	A	L	E					18	18	5	18	10	36					105	17,50
V	O	L	E	R	A					12	32	20	40	16	7					127	21,17
C	A	L	I	M	E	R	O			14	47	20	27	5	36	7	2			158	19,75
C	A	M	A	R	A	D	E			14	47	14	18	16	7	5	15			136	17,00
L	A	T	I	T	U	D	E			17	47	14	27	14	3	5	15			142	17,75
C	O	C	O	R	I	C	O			14	32	5	12	16	13	1	2			95	11,88
L	A	T	I	T	U	D	E			17	47	14	27	14	3	5	15			142	17,75
L	I	M	I	T	E	R	A			17	35	14	27	14	36	7	5			155	19,38
M	A	R	I	T	I	M	E			20	47	19	27	14	13	1	15			156	19,50
M	E	S	U	R	E	R	A			20	18	4	6	16	36	7	5			112	14,00
M	O	T	I	V	E	R	A			20	32	14	27	2	36	7	5			143	17,88
P	O	S	I	T	I	V	E			16	32	4	27	14	13	1	15			122	15,25
R	A	C	O	M	O	D	E			18	47	5	12	5	4	5	15			111	13,88
R	A	V	I	S	E	R	A			18	47	10	27	3	36	7	5			153	19,13
R	E	V	I	S	I	T	E			18	18	10	27	3	13	2	15			106	13,25
R	I	V	A	L	I	S	E			18	35	10	18	10	13	5	15			124	15,50
S	O	L	I	T	U	D	E			14	32	20	27	14	3	5	15			130	16,25
T	A	P	O	T	E	R	A			19	47	9	12	14	36	7	5			149	18,63
T	I	R	E	L	I	R	E			19	35	19	40	10	13	7	15			158	19,75
T	O	T	A	L	I	S	E			19	32	14	18	10	13	5	15			126	15,75
V	O	L	A	T	I	L	E			12	32	20	18	14	13	1	15			125	15,63
R	I	V	A	L	I	S	E			18	35	10	18	10	13	5	15			124	15,50
L	O	C	O	M	O	T	I	V	E	17	32	5	12	5	4	2	1	1	1	80	10,00
T	O	T	A	L	I	S	E	R	A	19	32	14	18	10	13	5	15	2	2	130	16,25
V	A	P	O	R	I	S	E	R	A	12	47	9	12	16	13	5	15	2	2	133	16,63
																				som	moy
							moyenne			16,3	35,8	14	27,5	11	24,4	4,7	11	1,7	1,7	118,76	21,9
							somme			1678	3692	1439	2833	679	1539	107	255	5	5	12232	2252

Figure 88 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/par position 4 lettres

versionA		lettr	pos
DA	ME	240	103
DA	TE	245	101
D E	MI	244	73
DU	NE	180	66
LA	MA	227	93
LA	ME	254	109
LA	VE	243	101
LI	RE	268	93
LO	TO	182	73
LU	NE	194	72
MI	DI	221	92
MI	NE	243	95
MO	DE	215	94
MO	TO	175	76
MU	RE	205	76
NA	NA	204	82
PA	PA	200	88
PA	PI	204	103
PI	LE	248	100
PI	PE	231	91
PO	LI	196	100
RA	ME	257	112
RA	RE	267	109
RI	DE	254	93
RI	RE	271	96
RI	VE	250	91
RO	ME	232	100
SA	LE	240	114
SA	PE	223	105
SI	TE	242	95
SO	DA	174	76
TA	PE	242	102
VE	LU	191	58
VE	NU	176	50
VI	DE	233	92
VI	TE	245	96
VO	LE	218	103
VO	MI	188	98
VO	TE	216	97
LO	VE	218	89

versionB		lettr	pos
CA	LE	259	121
CA	VE	237	111
CO	DE	214	94
CO	TE	231	100
CU	RE	214	84
CU	VE	178	75
DA	ME	261	111
DA	TE	270	111
DE	MI	258	69
DI	RE	280	104
DI	CO	180	62
DU	RE	224	80
LA	MA	246	96
LA	ME	277	118
LA	VE	263	114
LI	RE	296	111
LO	TO	197	75
MA	RE	291	126
MA	RI	257	113
MI	DI	224	90
MO	DE	232	100
MO	TO	189	78
MU	RE	232	90
PA	PA	212	90
PA	PI	209	99
PI	LE	261	111
PI	PE	240	100
PI	RE	275	110
PO	LI	201	95
RA	ME	291	119
RA	RE	313	124
RI	ME	288	107
RI	RE	310	112
RI	VE	274	103
SA	LE	263	121
SA	PE	242	110
SI	TE	261	103
TA	PE	265	115
TI	RE	297	113
VI	DE	244	95

versionA		lettr
RI	RE	271
LI	RE	268
RA	RE	267
RA	ME	257
LA	ME	254
RI	DE	254
RI	VE	250
PI	LE	248
DA	TE	245
VI	TE	245
D E	MI	244
LA	VE	243
MI	NE	243
SI	TE	242
TA	PE	242
DA	ME	240
SA	LE	240
VI	DE	233
RO	ME	232
PI	PE	231
LA	MA	227
SA	PE	223
MI	DI	221
VO	LE	218
LO	VE	218
VO	TE	216
MO	DE	215
MU	RE	205
NA	NA	204
PA	PI	204
PA	PA	200
PO	LI	196
LU	NE	194
VE	LU	191
VO	MI	188
LO	TO	182
DU	NE	180
VE	NU	176
MO	TO	175
SO	DA	174

versionA		pos
SA	LE	114
RA	ME	112
LA	ME	109
RA	RE	109
SA	PE	105
DA	ME	103
PA	PI	103
VO	LE	103
TA	PE	102
DA	TE	101
LA	VE	101
PI	LE	100
PO	LI	100
RO	ME	100
VO	MI	98
VO	TE	97
RI	RE	96
VI	TE	96
MI	NE	95
SI	TE	95
MO	DE	94
LA	MA	93
LI	RE	93
RI	DE	93
MI	DI	92
VI	DE	92
PI	PE	91
RI	VE	91
LO	VE	89
PA	PA	88
NA	NA	82
MO	TO	76
MU	RE	76
SO	DA	76
D E	MI	73
LO	TO	73
LU	NE	72
DU	NE	66
VE	LU	58
VE	NU	50

versionB		lettr
RA	RE	313
RI	RE	310
TI	RE	297
LI	RE	296
MA	RE	291
RA	ME	291
RI	ME	288
DI	RE	280
LA	ME	277
PI	RE	275
RI	VE	274
DA	TE	270
TA	PE	265
LA	VE	263
SA	LE	263
DA	ME	261
PI	LE	261
SI	TE	261
CA	LE	259
DE	MI	258
MA	RI	257
LA	MA	246
VI	DE	244
SA	PE	242
PI	PE	240
CA	VE	237
MO	DE	232
MU	RE	232
CO	TE	231
DU	RE	224
MI	DI	224
CO	DE	214
MU	RE	214
PA	PA	212
PA	PI	209
PO	LI	201
LO	TO	197
MO	TO	189
DI	CO	180
CU	VE	178

versionB		pos
MA	RE	126
RA	RE	124
CA	LE	121
SA	LE	121
RA	ME	119
LA	ME	118
TA	PE	115
LA	VE	114
MA	RI	113
TI	RE	113
RI	RE	112
CA	VE	111
DA	ME	111
DA	TE	111
LI	RE	111
PI	LE	111
PI	RE	110
SA	PE	110
RI	ME	107
DI	RE	104
RI	VE	103
SI	TE	103
CO	TE	100
MO	DE	100
PI	PE	100
PA	PI	99
LA	MA	96
PO	LI	95
VI	DE	95
CO	DE	94
MI	DI	90
MU	RE	90
PA	PA	90
CU	RE	84
DU	RE	80
MO	TO	78
CU	VE	75
LO	TO	75
DE	MI	69
DI	CO	62

Figure 89 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/position 6 lettres

versionA	lettr	pos	versionB	lettr	pos	versionA	lett	versionA	pos	versionB	lett	versionB	pos
DE VI NE	362	110	CA LE RA	400	144	RE LI RE	415	VA LI DE	160	RE TI RE	469	VA LI DE	151
DO MI NO	269	102	CE RI SE	406	117	RE TI RE	413	RA PI DE	152	VO LE RA	431	MO D U LE	151
LA PI NE	350	148	LA VE RA	404	137	LI MI TE	377	RA DI NE	150	TI RA DE	408	MA LA DE	150
LI MI TE	377	146	LI MA CE	375	122	TI RA DE	369	LA PI NE	148	CE RI SE	406	RA PI DE	146
MA DA ME	350	129	LI MI TE	399	143	RI VA LE	367	SO LI DE	147	LA VE RA	404	CA LE RA	144
MA LA DE	357	146	MA DA ME	380	134	PI RA TE	366	LI MI TE	146	PI RA TE	403	SA LA DE	144
MI NU TE	306	118	MA LA DE	388	150	TI MI DE	363	MA LA DE	146	RI VA LE	401	LI MI TE	143
MO TI VE	330	134	ME SU RE	368	100	DE VI NE	362	SA LA DE	144	CA LE RA	400	PA RO LE	140
NA DI NE	338	140	MO TI VE	351	131	TA PE RA	362	NA RI NE	143	LI MI TE	399	TI MI DE	140
NA RI NE	355	143	PA RO LE	376	140	PE LO TE	361	PA TA TE	142	PE LO TE	394	SO LI DE	138
NA VI RE	352	141	PE LO TE	394	116	MA LA DE	357	NA VI RE	141	MA LA DE	388	PI RA TE	138
PA RO LE	339	125	PI LO TE	360	133	PA TA TE	357	NA DI NE	140	RA PI DE	386	LA VE RA	137
PA TA TE	357	142	PO LI CE	333	133	RA DI NE	356	TI MI DE	139	RE CA LE	385	SA ME DI	137
PE LO TE	361	113	RA PI DE	386	146	NA RI NE	355	RA MO NE	135	TI MI DE	383	TA PO TE	137
PI LO TE	338	129	RE TI RE	469	129	RA PI DE	354	MO TI VE	134	TO RE RO	383	TI RA DE	136
PI RA TE	366	128	RI VA LE	401	127	VI DE RA	353	RE LI RE	134	TU LI PE	383	MA DA ME	134
RA DI NE	356	150	SA LA DE	374	144	NA VI RE	352	SA ME DI	131	MA DA ME	380	PI LO TE	133
RA MO NE	334	135	SA LA MI	348	117	LA PI NE	350	TA PO TE	131	TO MA TE	377	PO LI CE	133
RA PI DE	354	152	SA ME DI	363	137	MA DA ME	350	TO MA TE	130	PA RO LE	376	SA TU RE	133
RE LI RE	415	134	SA TU RE	346	133	VA LI DE	350	MA DA ME	129	VO TE RA	376	TO MA TE	133
RE TI RE	413	128	SI MU LE	320	115	SA LA DE	343	PI LO TE	129	LI MA CE	375	MO TI VE	131
RI VA LE	367	116	SO LI DE	342	138	TO MA TE	342	PI RA TE	128	TO RE RO	375	TO RE RO	130
RU MI NE	311	123	ME SU RE	368	100	SA ME DI	340	RE TI RE	128	SA LA DE	374	TU LI PE	130
SA LA DE	343	144	TA PO TE	364	137	PA RO LE	339	SA TU RE	128	VA LI DE	371	RE TI RE	129
SA LA MI	327	112	TI MI DE	383	140	NA DI NE	338	PA RO LE	125	MO D U LE	371	RI VA LE	127
SO NO RE	295	120	TI RA DE	408	136	PI LO TE	338	RU MI NE	123	ME SU RE	368	TO RE RO	127
SA ME DI	340	131	TO MA TE	377	133	VO LE RA	338	TI RA DE	121	ME SU RE	368	LI MA CE	122
SA TU RE	306	128	TO RE RO	383	130	RA MO NE	334	SO NO RE	120	TA PO TE	364	VO TE RA	121
SO LI DE	322	147	TU LI PE	330	115	TA PO TE	332	SO NO RE	120	SA ME DI	363	RE CA LE	118
SO NO RE	295	120	VA LI DE	371	151	TO RE RO	332	VO LE RA	120	PI LO TE	360	CE RI SE	117
TA PE RA	362	119	VO TE RA	376	121	MO TI VE	330	TA PE RA	119	CO DE RA	355	SA LA MI	117
TA PO TE	332	131	CO DE RA	355	117	SA LA MI	327	MI NU TE	118	MO TI VE	351	CO DE RA	117
TI MI DE	363	139	PI RA TE	403	138	SO LI DE	322	RI VA LE	116	SA LA MI	348	PE LO TE	116
TI RA DE	369	121	TU LI PE	383	130	RU MI NE	311	TU LI PE	115	SA TU RE	346	SI MU LE	115
TO MA TE	342	130	VA LI DE	330	115	TU LI PE	311	PE LO TE	113	SO LI DE	342	TU LI PE	115
TO RE RO	332	107	MO D U LE	371	151	MI NU TE	306	SA LA MI	112	PO LI CE	333	VA LI DE	115
TU LI PE	311	115	VI DE RA	300	112	SA TU RE	306	DE VI NE	110	TU LI PE	330	VI DE RA	112
VA LI DE	350	160	RE CA LE	385	118	SO NO RE	295	VI DE RA	109	VA LI DE	330	VO LE RA	105
VI DE RA	353	109	VO LE RA	431	105	SO NO RE	295	TO RE RO	107	SI MU LE	320	ME SU RE	100
VO LE RA	338	120	TO RE RO	375	127	DO MI NO	269	DO MI NO	102	VI DE RA	300	ME SU RE	100

Figure 90 - Index hiérarchique de la fréquence absolue/position plus de 6 lettres

versionA	lettr	pos	versionB	lettr	pos	versionA	lett	versionA	pos	versionB	lett	versionB	pos
LA TI TU DE	429	139	CA MA RA DE	503	136	TI RE LI RE	534	VA LI DE RA	168	TI RE LI RE	593	TI RE LI RE	158
MA NI PU LE	408	130	LA TI TU DE	463	142	RE VI SI TE	492	MA RI TI ME	148	LI MI TE RA	540	MA RI TI ME	156
MA RI TI ME	490	148	CO CO RI CO	354	95	MA RI TI ME	490	VI SI TE RA	143	RE VI SI TE	535	LI MI TE RA	155
MA TI NA LE	475	141	LI MI TE RA	540	155	MA TI NA LE	475	MA TI NA LE	141	MA RI TI ME	532	RA VI SE RA	153
MI NI MA LE	474	120	MA RI TI ME	532	156	MI NI MA LE	474	LA TI TU DE	139	RA VI SE RA	520	TA PO TE RA	149
PO SI TI VE	420	123	ME SU RE RA	509	112	VA LI DE RA	470	SO LI TU DE	134	ME SU RE RA	509	MO TI VE RA	143
RE VI SI TE	492	100	MO TI VE RA	492	143	VI SI TE RA	465	VO LA TI LE	131	TA PO TE RA	505	LA TI TU DE	142
SI MU LE RA	422	118	PO SI TI VE	440	122	VO LA TI LE	454	MA NI PU LE	130	CA MA RA DE	503	CA MA RA DE	136
SO LI TU DE	385	134	RA CO MO DE	445	111	TO TA LI SE	449	TI RE LI RE	124	RI VA LI SE	503	SO LI TU DE	130
TI RE LI RE	534	124	RA VI SE RA	520	153	LA TI TU DE	429	PO SI TI VE	123	MO TI VE RA	492	TO TA LI SE	126
TO TA LI SE	449	109	RE VI SI TE	535	106	SI MU LE RA	422	VA PO RI SE	123	TO TA LI SE	487	VO LA TI LE	125
VA LI DE RA	470	168	RI VA LI SE	503	124	VA PO RI SE	421	MI NI MA LE	120	VO LA TI LE	486	RI VA LI SE	124
VA PO RI SE	421	123	SO LI TU DE	411	130	PO SI TI VE	420	SI MU LE RA	118	LA TI TU DE	463	PO SI TI VE	122
VI SI TE RA	465	143	TA PO TE RA	505	149	MA RA DO NA	410	MA RA DO NA	111	RA CO MO DE	445	ME SU RE RA	112
VO LA TI LE	454	131	TI RE LI RE	593	158	MA NI PU LE	408	TO TA LI SE	109	PO SI TI VE	440	RA CO MO DE	111
MA RA DO NA	410	111	TO TA LI SE	487	126	SO LI TU DE	385	RE VI SI TE	100	SO LI TU DE	411	RE VI SI TE	106
			VO LA TI LE	486	125					CO CO RI CO	354	CO CO RI CO	95

Tableau 98 - synthèse des données par sujets sur même feuille -

| LGC1YD | 0 | | | | Total | 1 | | | | | | | | | | Total | 2 | | | | | | | | | |

Tableau 99 - synthèse des données du test 3 pour IMEversA

		moy	moy	moy
		7,736111111	193,7425025	3,424291667
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		0,103274496	-0,132556396	0,016719801
		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
LGC1YD	big	7	265,47	2,457
	4lettres	11	2864,21	3,895
LGC1MY	big	5	133,0208333	3,7
	4lettres	11	125,0694444	2,389
LGC1DJ	big	8	201,875	2,589
	4lettres	11	232,1666667	3,682
LGC1TM	big	8	79,09821429	3,5
	4lettres	12	103,2652778	2,5
LGC1VV	big	4	322,5625	2
	4lettres	8	235,6777778	1,83
LGC1DR	big	7	166,1430556	4,375
	4lettres	8	143,3876984	2,83
LGC1ES	big	7	57,22916667	5,875
	4lettres	5	138,3860043	6
LGC1MS	big	7	90,76041667	3,125
	4lettres	7	127,6055556	2,92
LGC1MH	big	5	157,5833333	3,875
	4lettres	11	73,23333333	3,083
LGC1DR	big	7	166,1430556	4,375
	4lettres	11	143,3876984	2,83
LGC1SJ	big	8	105,2742063	3,75
	4lettres	11	119,2277778	2,25
LGC1AH	big	6	153,254	2,25
	4lettres	10	201,548	3
LGC1DM	big	7	124,387	2,564
	4lettres	10	134,655	4,128
LGC1FB	big	5	98,12447	3,115
	4lettres	9	123,542	5,241
LGC2JS	big	7	145,9770833	3,875
	4lettres	12	106,8513889	3,5

Tableau 100 -synthèse des données du test 3 pour IMEversB

		moy	moy	moy
		7,5	148,5784178	3,364282051
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		-0,136457514	-0,072937004	-0,013443655
		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
IMCMTH	big	8	224,9449405	3,75
	4lettres	5	195,5875	2,583
IMCMSE	big	8	177,64375	2,125
	4lettres	7	188	1,5
IMCGSA	big	8	119,6854167	3,5
	4lettres	8	185,0583333	2,833
IMCGNO	big	4	107,5208333	2,5
	4lettres	7	127,79375	3,25
IMCGNR	big	7	67,77410714	6,625
	4lettres	6	145,7388889	2,75
IMCMAL	big	7	50,64583333	2,25
	4lettres	9	117,75	2,083
IMCGAN	big	7	122,9002976	6,875
	4lettres	9	100,2993056	6,417
IMCGEM	big	8	90,76041667	4,25
	4lettres	10	127,6055556	4,167
IMCMGL	big	8	120,5520833	3,375
	4lettres	8	210,2958333	2,25
IMCMLI	big	7	90,91666667	3,125
	4lettres	10	148,4583333	2,333
IMCMLE	big	6	164,5416667	5,625
	4lettres	8	132,4861111	3,083
IMCMME	big	5	157,5833333	3,875
	4lettres	11	73,23333333	3,083
IMCMNA	big	9	83,59375	2,25
	4lettres	11	94,18333333	3
IMCMOV	big	8	286,3482143	3,25
	4lettres	6	417,8284722	3,167
IMCMRT	big	7	66,21369048	3,375
	4lettres	8	62,06527778	2,75

Tableau 101 - synthèse des données du test 3 pour les élèves de milieu ordinaire -

		moy	moy	moy
		9,475	189,76021	2,8357667
		corBR/tps	corBR/nb	cortps/nb
		0,1266805	-0,2793827	0,2125262
		nb BR	moytpsvisu	moynbvisu
SMSAGA	big	8	119,26042	2,75
	4lettres	12	98,0625	2,25
SMSADM	big	8	129,97917	3,25
	4lettres	12	154,04815	3,833
SMSAJS	big	7	104,125	2,125
	4lettres	10	131,59722	1,667
SMSAJJ	big	7	157,24	2,5
	4lettres	11	184,26	2,333
SMSALS	big	8	94,21	2,541
	4lettres	11	152,341	3
SMSAMA	big	8	157,58333	2,541
	4lettres	12	73,233333	1,587
SMSATA	big	8	79,098214	3,11
	4lettres	11	103,26528	2,78
SMSAAP	big	8	49,177083	3,25
	4lettres	12	57,098611	2,833
SMSAYJ	big	7	265,47	2,54
	4lettres	11	2864,21	3,665
SMSAHD	big	8	79,098214	3,5
	4lettres	12	103,26528	2,5
SMSABR	big	8	133,02083	3
	4lettres	12	125,06944	2,167
SMSATG	big	7	133,02083	3,5
	4lettres	10	125,06944	2,417
SMSASB	big	8	146,15417	4
	4lettres	11	138,09444	3,083
SMSAVR	big	8	110,67917	3,875
	4lettres	12	175,53056	2,667
SCYOKM	big	7	72,89375	3,5
	4lettres	11	76,109722	2,917

Tableau 102 - synthèse expériences 2 et 3 pour les sujets d'IME version B -

			Expérience 2													Expérience 3					
	totaid2	totaid3	aides			réponses			aides			réponses			Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
			BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
	641	1027	626	9	6	1993	50	172	938	63	26	3148	30	131	IMCMTH	8	5	3,75	2,58	224,94	195,59
	872	1519	676	114	82	1826	42	39	1303	77	139	2444	3	55	IMCMSE	8	7	2,13	1,50	177,64	188,00
	367	558	299	57	11	1105	44	134	401	105	52	1314	31	97	IMCGSA	8	8	3,50	2,83	119,69	185,06
	56	1	4	41	11	2462	41	145	0	1	0	78	0	4	IMCGNO	4	7	2,50	3,25	107,52	127,79
	9	1	1	8	0	630	45	29	0	1	0	510	40	3	IMCGNR	7	6	6,63	2,75	67,77	145,74
	432	760	361	67	4	1836	57	22	693	56	11	2060	7	21	IMCMAL	7	9	2,25	2,08	50,65	117,75
	65	159	37	28	0	758	47	21	48	78	33	1241	49	16	IMCGAN	7	9	6,88	6,42	122,90	100,30
	471	237	358	0	113	1414	41	117	182	5	50	1286	11	72	IMCGEM	8	10	4,25	4,17	90,76	127,61
	63	100	0	63	0	951	42	82	6	89	5	1327	33	40	IMCMGL	8	8	3,38	2,25	120,55	210,30
	18	11	9	8	1	624	16	17	5	5	1	907	36	4	IMCMAF	7	7	3,74	3,54	236,45	265,48
	42	22	3	31	8	2410	7	105	11	11	0	954	19	23	IMCMSD	6	6	2,70	3,25	185,15	168,23
	158	16	8	24	126	1663	13	71	9	7	0	167	2	6	IMCMSE	5	9	4,56	3,60	123,56	174,36
	9	5	5	1	3	742	22	14	0	1	4	954	34	1	IMCMNV	8	11	2,84	4,00	95,24	139,55
Moy	243,154	276,692	178,8	35,62	28,77	1380	33,96	76,92	228,5	29,96	18,27	1200	22,92	31,35		6,69	8,31	3,63	3,10	136,51	160,65
ecartmoy	230,651	308,497	209,9	24,71	37,88	568,1	14,59	46,31	279,3	26,88	19,83	591,9	13,54	25,84		1,147929	1,40828402	0,980112	0,674134	47,70312	54,85683
Correlation bonne réponse							0,207	-0,14					-0,07	-0,35							
correlation ex reussi			0,477	0,019	-0,18	-0,3	0,207	-0,14	-0,34	-0,15	-0,06	-0,29	-0,07	-0,35							
correl moy nb visu			-0,14	-0,33	0,118	-0,16	0,223	-0,05	-0,39	-0,09	-0,22	-0,17	0,338	-0,2							
correl moy tps visu			0,204	-0,1	-0,12	0,072	-0,37	0,452	0,191	0,142	-0,05	0,352	0,22	0,337							

Tableau 103 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version A -

			Expérience 2													Expérience 3					
	totaid2	totaid3	aides			réponses			aides			réponses			Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
			BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
	42	26	16	10	16	449	54	7	11	9	6	836	52	12	SMSAGA	8	12	2,75	2,25	119,26	98,06
	29	43	7	18	4	517	57	17	14	28	1	684	51	11	SMSADM	8	12	3,25	3,83	129,98	154,05
	3	0	1	2	0	559	82	42	0	0	0	501	41	1	SMSAJS	7	10	2,13	1,67	104,13	131,60
	18	22	2	8	8	630	69	29	7	15	0	890	67	27	SMSAJJ	7	11	2,50	2,33	157,24	184,26
	97	185	74	16	7	513	58	17	159	24	2	1110	69	39	SMSALS	8	11	2,54	3,00	94,21	152,34
	181	59	111	59	11	612	63	17	11	47	1	878	63	13	SMSAMA	8	12	2,54	1,59	157,58	73,23
	52	55	28	20	4	881	115	35	29	24	2	773	74	3	SMSATA	8	11	3,11	2,78	79,10	103,27
	60	45	30	19	11	429	44	4	14	11	20	707	41	1	SMSAAP	8	12	3,25	2,83	49,18	57,10
	8	132	4	4	0	346	43	3	95	31	6	973	67	24	SMSAYJ	7	11	2,54	3,67	265,47	286,41
	27	18	12	7	8	521	42	9	5	8	5	851	51	21	SMSAHD	8	12	3,50	2,50	79,10	103,27
	19	41	4	12	3	602	50	18	18	14	9	589	60	18	SMSABR	8	12	3,00	2,17	133,02	125,07
	5	7	2	3	0	541	91	25	2	5	0	602	39	6	SMSATG	7	10	3,50	2,42	133,02	125,07
	9	72	4	3	2	389	44	2	35	28	9	995	54	14	SCYORC	8	12	1,88	2,83	120,31	87,00
Moy	43,55	55,95	24,25	13,85	5,45	549,9	60,8	16,35	29,1	22,05	4,8	843	56,95	15,45		7,70	11,35	3,02	2,65	120,10	130,53
ecartmoy	33,97	29,535	23,85	8,89	3,54	105,8	17,06	8,915	26,15	11,86	4,08	142,9	9,35	8,795		0,42	0,585	0,4869	0,44899	29,96481	33,53514
Correlation bonne réponse							-0,12	-0,24					0,038	0,101							
correlation ex reussi			0,157	0,164	0,379	0,168	-0,12	-0,24	-0,04	0,087	0,469	0,171	0,038	0,101							
correl moy nb visu			0,041	0,022	0,128	0,072	-0,08	-0,14	0,413	0,353	0,017	0,401	0,288	0,308							
correl moy tps visu			-0,21	-0,14	-0,32	-0,17	-0,03	-0,1	0,481	-0,07	-0,25	0,226	0,213	0,464							

Tableau 104 - synthèse des expériences 2 et 3 pour les sujets de MO version B -

			Expérience 2													Expérience 3					
	totaid2	totaid3	aides			réponses			aides			réponses			Sujets	NB Ex réussis		moy Nb visu		Moy Tps visu	
			BG2	CS2	LT2	NV2	BR2	MR2	BG3	CS3	LT3	NV3	BR3	MR3		big	4lettres	big	4lettres	big	4lettres
	6	5	2	3	1	205	54	1	3	2	0	657	42	2	RSMITI	8	11	2,69	2,99	137,36	162,79
	3	5	1	2	0	3011	57	3	1	4	0	524	41	2	RSMIAD	8	12	3,83	2,22	85,04	139,07
	1	0	0	1	0	325	82	6	0	0	0	428	34	0	RSMIBV	7	11	2,94	3,15	141,17	194,72
	1	6	0	1	0	406	69	2	0	6	0	689	51	4	RSMIBJ	8	11	3,42	2,31	75,34	135,99
	8	34	5	3	0	289	58	1	25	9	0	807	60	5	RSMICT	8	10	1,91	2,90	142,83	52,39
	16	27	9	6	1	321	63	1	3	24	0	715	48	2	RSMIIE	8	12	3,55	2,56	59,24	84,13
	7	15	5	2	0	452	115	3	4	11	0	634	59	0	RSMILS	8	12	3,05	2,22	32,88	35,81
	10	12	6	3	1	325	44	0	5	3	4	691	34	0	RSMIMD	7	10	3,55	2,46	246,94	330,26
	3	36	0	1	2	289	43	0	19	17	0	759	53	2	RSMIMI	7	11	4,54	2,13	248,24	3254,12
	3	5	2	1	0	425	42	0	2	3	0	706	40	1	RSMINT	8	11	4,38	1,71	79,10	103,27
	2	18	0	2	0	537	50	1	11	7	0	427	49	1	RSMISL	8	12	3,92	1,96	81,63	8,88
	0	2	0	0	0	438	91	2	0	2	0	506	32	0	RSMIYN	8	11	2,98	1,29	137,28	129,07
	0	37	0	0	0	298	44	0	24	12	1	854	44	1	NCALAF	7	11	2,72	4,12	256,18	3254,12
Moy	5,2	19,9	2,8	2,1	0,3	518,9	60,8	1,3	9	10,5	0,4	676,4	45,9	1,55		7,65	11,25	3,18	2,45	125,81	438,07
ecartmoy	4,14	12,18	2,74	1,44	0,45	270,3	17,06	1,12	8,5	7	0,64	102,4	7,4	1,15		0,49	0,6	0,599902	0,597496	50,86441	563,2102
Correlation bonne réponse							0,28	0,123					0,285	-0,14							
correlation ex reussi			0,042	0,153	-0,14	0,201	0,28	0,123	-0,29	0,326	-0,52	-0,31	0,285	-0,14							
correl moy nb visu			-0,36	-0,26	0,404	0,187	-0,37	-0,25	0,1	0,186	0,047	0,138	0,172	0,025							
correl moy tps visu			-0,06	-0,02	0,378	-0,21	-0,32	-0,28	0,398	0,145	0,075	0,342	0,077	-0,02							

Tableau 105 - synthèse des réponses de l'expérience 3 -

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
LGC1YD	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1MY	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1DJ	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1TM	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1VV	DO	VA	NE	KA	RI	PI	LA	MU	MERA	JUDO	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1DR	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	LAPE	MARE
LGC1ES	DO	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	VIDE	RIRE	LAME	LOTO	SITE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
LGC1MS	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
LGC1MH	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1DR	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	LAPE	MARE
LGC1SJ	CA	VA	NU	BI	RE	RI	LU	NU	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	RAPE	MARE
LGC1AH	DO	VA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1DM	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC1FB	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC2JS	CA	VA	DO	BI	RI	BI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC2KT	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MARE	RIRE	VIDE	RIRE	LAME	LOTO	SITE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
LGC2AT	CA	SE	DO	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	KEPI	LIRE	RIME	LAME	POTO	SITE	PIPO	DCMI	LOTO	TAPE	MALE
LGC2JL	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LI	NI	MARE	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	RIVE	PAPE	DEMI	LOTO	RAPE	MALE
LGC2PM	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
LGC2BH	PU	CE	DO	BI	RI	PI	LI	MU	MARE	KEPI	MIRE	RIDE	LAME	LOTO	PILE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
LGC2CR	CA	CE	DO	BI	RI	PI	LU	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
LGC2NV	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
LGC2GN	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LI	NI	MARE	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	LOTO	RIVE	PAPE	DEMI	LOTO	RAPE	MALE
LGC3LE	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3FL	CA	VA	DO	FA	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	PILE	PAPA	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3ME	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3AM	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3AY	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3AT	DO	VA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	LOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3CH	SU	TA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	JUDO	MINE	RIME	LAME	POTO	PILE	PAPA	DOMI	LOTO	LAPE	RAME
LGC3HA	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3ST	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3LG	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3CB	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3MK	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
LGC3TH	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMTH	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	MIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	SAPE	RAME
IMCMSE	PU	SE	DO	KA	RO	BI	LO	MU	RAME	GAGE	VIDE	RIDE	LAME	POTO	SITE	PAPI	DCMI	LOTO	TAPE	RAME
IMCGSA	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	RIVE	PAPE	DENI	LOTO	RAPE	MARE
IMCGNO	DO	VA	DO	FA	RI	RI	LU	NI	MERA	RIRE	VIDE	RIME	LAME	SOLO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
IMCGNR	CA	VA	DO	FA	RI	PI	LA	NI	MERA	JUDO	LIRE	RIME	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
IMCMAL	CA	VA	DO	BI	RI	DI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCGAN	CA	VA	DO	BI	RI	RI	LA	NI	MARE	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCGEM	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	MERA	RIRE	LIRE	RIVE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
IMCMGL	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	VIDE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	RAPE	MARE
IMCMLI	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMLE	CA	CE	DO	BI	RI	PI	LU	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
IMCMME	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMNA	CA	VA	DO	BI	RU	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMOV	DO	SE	DO	JO	RO	BI	LI	NI	RAME	GAGE	MIRE	RIME	LAME	POTO	SITE	PIPO	DENI	LOTO	SAPE	MARE
IMCMRT	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCGBL	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	VIDE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	TAPE	MARE
IMCGMK	DO	VA	DO	FA	RI	RI	LU	NI	MERA	RIRE	VIDE	RIME	LAME	SOLO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
IMCGRN	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMJT	CA	VA	DO	BI	RU	DI	LA	MI	MARE	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPA	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
IMCGBP	CA	CE	DO	BI	RI	PI	LU	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
IMCGNM	DO	VA	DO	BI	RU	RI	LA	NI	REMA	RIRE	VIDE	RIDE	LAME	POTO	SITE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
IMCMCE	DO	VA	DO	BI	RI	RI	LU	NI	MERA	RIRE	VIDE	RIME	LAME	SOLO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	LAPE	LAME
IMCMAF	CA	VA	DO	FA	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	PILE	PAPA	DENI	LOTO	TAPE	MARE
IMCMSD	CA	VA	DO	BI	RI	RI	LA	MI	MARE	RIRE	VIDE	RIRE	LAME	LOTO	SITE	PAPE	DEMI	LOTO	LAPE	RAME
IMCMSE	CA	CE	DO	BI	RU	PI	LU	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	SOLO	RIDE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
IMCMNV	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAGA	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSADM	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAJS	CA	VA	DO	BI	RI	RI	LA	NI	REMA	RIRE	VIDE	RIDE	LAME	POTO	SITE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MALE
SMSAJJ	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSALS	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAMA	DO	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSATA	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAAP	CA	VA	DO	BI	RI	BI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAYJ	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAHD	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSABR	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	MERA	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SMSATG	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	MI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPE	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSASB	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	RIDE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SMSAVR	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SCYOKM	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	SITE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SCYOAR	CA	TA	NE	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DOMI	LOTO	TAPE	MARE
SCYOTF	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	REMA	RIRE	LIRE	RIRE	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SCYOTJ	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE
SCYOAJ	CA	VA	DO	BI	RI	BI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DENI	LOTO	TAPE	MARE
SCYORC	CA	VA	DO	BI	RI	PI	LA	NI	RAME	RIRE	LIRE	RIME	LAME	MOTO	PILE	PAPI	DEMI	LOTO	TAPE	MARE

Tableau 106 - ANOVA à 1 facteur BR2/Co2 -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	2726,988	3	908,996	2,412	,071
Intra-groupes	36928,267	98	376,819		
Total	39655,255	101			

Tableau 107 - ANOVA à 1 facteur BR3/Co3 de l'expérience 2 -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	9664,732	3	3221,577	14,755	,000
Intra-groupes	21397,346	98	218,340		
Total	31062,078	101			

Tableau 108 - ANOVA à 1 facteur NV2/Co2 de l'expérience 2 -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	17992089,864	1	17992089,864	35,082	,000
Intra-groupes	51285426,959	100	512854,270		
Total	69277516,824	101			

Tableau 109 - ANOVA à 1 facteur NV3/co3 -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	16800213,789	1	16800213,789	28,609	,000
Intra-groupes	58723331,466	100	587233,315		
Total	75523545,255	101			

Tableau 110 - ANOVA à 1 facteur BGx/Cox -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	669785,894	1	669785,894	24,081	,000
Intra-groupes	2781429,096	100	27814,291		
Total	3451214,990	101			

ANOVA à 1 facteur BG3/Co3

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	1799180,181	1	1799180,181	27,931	,000
Intra-groupes	6441547,907	100	64415,479		
Total	8240728,088	101			

Tableau 111 - Régression Linéaire Nav2/Br2/Mr2 -

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signif
	A	Erreur standard	Bêta		
(Constante)	597,377	109,983		5,432	,000
BR2	-,722	2,473	-,017	-,292	,771
MR2	8,305	,595	,825	13,952	,000

a. Variable dépendante : NV2

Tableau 112 - ANOVA à 1 facteur BR2/Coefnbvis -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	1172,086	1	1172,086	1,907	,170
Intra-groupes	61470,669	100	614,707		
Total	62642,755	101			

Tableau 113 - ANOVA à 1 facteur BR2/ Coefmytpsvis -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	1112,235	1	1112,235	1,808	,182
Intra-groupes	61530,519	100	615,305		
Total	62642,755	101			

Tableau 114 - ANOVA à 1 facteur BR3/ Coefnbvis -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	113,210	1	113,210	,267	,606
Intra-groupes	42398,280	100	423,983		
Total	42511,490	101			

Tableau 115 - ANOVA à 1 facteur BR3/Coefmytpsvis -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	292,524	1	292,524	,693	,407
Intra-groupes	42218,967	100	422,190		
Total	42511,490	101			

Tableau 116 - ANOVA à 1 facteur MR2/Coefnbvis et Coefmytpsvis -

	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	19133,013	1	19133,013	2,876	,093
Intra-groupes	665367,742	100	6653,677		
Total	684500,755	101			
	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	14280,752	1	14280,752	2,131	,148
Intra-groupes	670220,003	100	6702,200		
Total	684500,755	101			

Tableau 117 - ANOVA à 1 facteur MR3/Coefnbvis et Coefmytpsvis -

Inter-groupes	1331,556	1	1331,556	1,674	,199
Intra-groupes	79558,258	100	795,583		
Total	80889,814	101			
	Somme des carrés	ddl	Moy des carrés	F	Signification
Inter-groupes	2839,961	1	2839,961	3,639	,059
Intra-groupes	78049,853	100	780,499		
Total	80889,814	101			