Université Bordeaux Montaigne

École Doctorale Montaigne Humanités (ED 480)

THÈSE DE DOCTORAT EN SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

EIAH – Littératie numérique – Médiation pédagogique :

Conception d'un environnement numérique pour la vulgarisation de la littératie numérique. Essai de valorisation dans un contexte de développement durable : Madagascar

Présentée et soutenue publiquement le 04 septembre 2023 par

Livaniaina RAZANAKOLONA

Sous la direction de

M. Noble AKAM, Professeur émérite à l'Université Bordeaux Montaigne

Membres du jury

Rapporteurs :

Claude LISHOU, Professeur titulaire de classe exceptionnelle à l'Université Cheick Anta Diop de Dakar

Nicolas Raft RAZAFINDRAKOTO, Professeur titulaire à l'Université d'Itasy – Antananarivo

Examinateurs :

Alain KIYINDOU, Professeur titulaire à l'Université Bordeaux Montaigne

Vincent LIQUETE, Professeur titulaire à l'Université Bordeaux Montaigne

Thomas MAHATODY, Professeur à l'Université de Fianarantsoa

Dédicace

À la mémoire du Pr. Josvah Paul RAZAFIMANDIMBY

Qui m'a fait suffisamment confiance pour me confier la réalisation de ce projet qui lui tenait tant à cœur. Merci à lui d'avoir mis à ma disposition une bonne équipe et de m'avoir confiée à ses amis pour m'accompagner et me guider. J'espère que ma tâche, qui ne fait que commencer, répondra à ses attentes d'une Science et d'un saut technologique au service du développement des compétences au niveau de l'enseignement de base et au service de tous nos citoyens.

À nos enfants malgaches.

À ma famille.

Gloire à toi Seigneur

Remerciements

En rédigeant ces lignes, je pense à toutes celles et ceux sans qui je n'aurais pu accomplir ce chemin de croix qu'est l'écriture d'une thèse lorsque l'on travaille et que l'on a la charge d'une famille. C'est vers celle-ci que ma gratitude s'adresse.

À Noble AKAM, mon directeur de thèse, pour le soutien constant, indéfectible et la confiance, à partir desquels, tout le reste est devenu possible. Merci aussi de m'avoir donné la chance de clôturer ma reprise d'étude par un doctorat.

À Anne WIMEZ LUBNAU, un grand merci pour ton empathie, ta disponibilité et ta capacité à toujours trouver les mots justes, quelle que soit la situation.

Je tiens à remercier les membres de jury de cette thèse, Claude LISHOU, Nicolas Raft RAZAFINDRAKOTO, Thomas MAHATODY, Alain KIYINDOU, Vincent LIQUETE. Chacun de vous compte d'une manière qui lui est propre, que ce soit dans mon travail de recherche ou dans cette évaluation.

Je tiens également à remercier les membres du comité de thèse qui ont suivi de près l'évolution de mon travail durant la thèse et m'ont prodigué de bons conseils à ce propos.

J'adresse tous mes remerciements aux membres du Laboratoire de Médiations, Informations, Communication et Arts et les personnels administratifs de l'école doctorale à l'Université Bordeaux Montaigne pour leur gentillesse et leur accueil chaleureux pendant mes séjours à Bordeaux et durant la thèse.

Je tiens à remercier également l'IFIC et AUF qui ont financé les mobilités de recherche au laboratoire de recherche MICA.

NIC-MG, la phase de test n'a pas pu réaliser sans leur appui financier. Merci pour votre soutien, j'espère poursuivre notre collaboration pour le deuxième financement en vue de lancer l'application.

Je n'oublie pas mes amis de près ou de loin qui ont donné de leur temps dans le cadre d'un entretien – formalisé ou non, pour partager avec moi ces expériences. Merci pour votre disponibilité.

Enfin, un grand merci à ma famille et à mes enfants, qui ont toujours été présents, que ce soit dans les bons moments ou les situations difficiles.

À ton honneur Baba et à ta joie Neny.

Liva

Résumé

La présente recherche porte sur l'acculturation numérique à travers le dispositif sociotechnique d'information et de communication mobile et la langue maternelle. Elle se propose d'analyser l'appropriation du smartphone et la pratique du numérique dans le cadre du développement durable.

Contexte et problématique : Grâce à des compétences exigées en préalables à l'embauche, l'intégration du numérique dans le monde professionnel a connu un succès indéniable. On s'assure ainsi qu'au moins les connaissances en informatique propres à une mission assignée à un poste sont acquises et qu'il ne reste que les compétences en numérique qu'on doit s'approprier tout au long de l'exercice de la profession, sachant que les technologies de traitement de l'information évoluent sans cesse. En tous cas, la capacité de décodage linguistique, la pratique du numérique ou la médiation par le numérique et la volonté de se développer dans le monde numérique sont acceptés et sont les bienvenus dans le monde du travail dans la société comme dans les stratégies et les politiques d'intégration du numérique des États. Cependant, l'essor du numérique dans le domaine du développement durable au niveau de l'éducation de base demeure un sujet de recherche intéressant pour les Sciences Humaines et Sociales. À l'ère du numérique, la nouvelle discipline des Sciences de l'Information et de la Communication se propose d'étudier la pratique de l'informatique dans le monde des humains où chaque être semble présenter des dispositions particulières.

Notre problématique essaie d'offrir une application numérique, avec une IHM-CNO, dans ses dimensions d'outils ou de technologie de traitement de l'information et de sa communication, pour une pratique appropriée au développement personnel de base.

Approche proposée: Dans cette perspective, notre approche est basée sur la détermination du type de la relation qui existe entre l'utilisateur et le dispositif numérique. La méthodologie de la conception s'articule entre la littératie numérique, la médiation numérique et la didactique computationnelle. La didactique computationnelle constitue le composant clef d'un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain, un EIAH, adapté aux contextes de pratique et aux spécificités des bénéficiaires et c'est en cela qu'elle nous a intéressée pour notre recherche.
Le « Profil mapping » utilisateur et l'Interface Homme–Machine (IHM) sont la méthodologie technique mobilisée pour notre étude. Un système de recommandations orienté apprentissage simule les IHM par niveau de compétences de l'utilisateur. Nous proposons de convoquer les concepts de la taxonomie de compétence en numérique pour concevoir ces IHM centrées utilisateurs. Ces concepts de taxonomie en compétences numériques sont mis au point dès l'étude de la littératie numérique et la médiation pédagogique.

L'approche « littératie numérique » s'est voulue une stratégie de mise en œuvre d'un outil numérique à l'usage du développement durable. Elle s'appuie sur le rôle des compétences en numérique et s'accompagne de l'étude des mesures de similarité des compétences numériques des utilisateurs. Cette mesure de similarité renforce le système de recommandations qui soutient l'auto-utilisation de l'application en s'appuyant sur le modèle de profil IPACO, le processus d'appropriation numérique de Plantard, le fondement de la littératie numérique de Buckingham et la sémantique d'une trace. Les algorithmes en Intelligence Artificielle sont les méthodes utilisées.

L'approche "médiation numérique", dans notre cas, c'est la médiation pédagogique avec le numérique et elle est basée sur les fonctionnalités de communication en numérique à un niveau de base. Le développement d'une Interface Homme-Machine avec la taxonomie « compétences numériques » est la méthode que nous avons utilisée.
L'approche didactique computationnelle s'articule autour des concepts de la littératie numérique et la médiation pédagogique. Elle construit un EIAH stable à partir des concepts développés à travers les conditions recommandées à l'issue des résultats obtenus par des études précédentes.
Le cas d'étude et les résultats : Le champ d'application de cette recherche est une expérimentation réalisée à partir d'une application sur l'alphabétisation en langue malgache qui fonctionne sous le système informatique "Android.". Cette application est inspirée par le manuel d'alphabétisation *« Lala sy Noro »* dont l'usage en présentiel paraît si pratique. Les résultats des analyses sur l'interdépendance de l'impact de l'IHM-CNO sur la durée de l'apprentissage avec le test de Khi-deux et la relation entre les groupes d'échantillon avec l'outil ANOVA ont confirmé l'influence de la variable qualitative « continuité ou durée d'apprentissage » sur les 150 apprenants. Le temps de rupture pendant l'apprentissage est presque insignifiant. Chaque apprenant atteint ses objectifs à la fin d'une séance de la formation.

En conclusion, notre recherche a permis de définir la taxonomie des compétences en numérique permettant la conception d'une Interface Homme-Machine qui promeut progressivement la culture numérique dans les petites classes et en alphabétisation.

Mots clés : littératie numérique, médiation numérique, culture numérique, Interaction Homme-Machine, Intelligence Artificielle, Taxinomie de la compétence numérique, profil-mapping ;

Résumé court

La prolifération du numérique ne reflète pas l'évolution de l'industrialisation des informations et des communications dans le cadre du développement durable. Comment initier un environnement numérique basé sur la culture numérique dès la formation au niveau de base ? Cette thèse à bi-diplôme dessine le contour d'une ingénierie de l'Interface Homme Machine adaptée à des utilisateurs analphabètes. Elle repose sur les compétences en numériques développées par le fondement de la littératie numérique et la médiation pédagogique. L'abstraction de la taxonomie des compétences en numérique développe l'appropriation du numérique, avec la gestion de la continuité, pendant les séances de l'apprentissage chez les publics cibles. Sur les 176 apprenants, 100 ont utilisé l'IHM-CNO et ont atteint les objectifs proches de la durée modélisée par l'expert après l'analyse des résultats expérimentaux par les outils statistiques Khi-deux et ANOVA.

Abstract

This research focuses on digital acculturation through the socio-technical device of information and mobile communication and the mother tongue. It proposes to analyze the appropriation of the smartphone and the practice of digital in the context of sustainable development.

Context and issues: Thanks to the skills required as a prerequisite for employment, the integration of digital technology into the professional world has been particularly successful. This ensures that at least the computer knowledge specific to a mission assigned to a position is acquired and only the skills remain in digital that must be appropriated throughout the exercise of the profession, knowing that information processing technologies are constantly evolving. In any case, the capacity for linguistic decoding, the practice of digital or digital mediation and the will to develop in the digital world are accepted and are welcome in the world of work in society as in the digital integration strategies and policies of States. However, the rise of digital technology in the field of sustainable development at the level of basic education remains an interesting research subject for the Humanities and Social Sciences. In the digital age, the new discipline of Information and Communication Sciences proposes to study the practice of computing in the human world where each being seems to have particular dispositions.

Our problem tries to offer a digital application, with an HMI-CNO, in their dimensions of tools or information processing technology and its communication, for a practice appropriate to basic personal development.

Proposed approach: In this perspective, our approach is based on determining the type of relationship that exists between the user and the digital device. The design methodology is articulated between digital literacy, digital mediation and computational didactics. Computational didactics is among the key component of a Computer Environment for Human Learning, an EIAH, adapted to the contexts of practice and the specificities of the beneficiaries and it is in this that they interested us for our research.

User "profile mapping" and the Human-Machine Interface (HMI) is the technical methodology used for our study. A learning-oriented recommendation system simulates HMIs by user skill level. We propose the concepts of the digital competency taxonomy to design these user-centered HMIs. These concepts of the taxonomy in digital competence are developed from the study of digital literature and educational mediation.

The “digital literacy” approach was intended as a strategy for implementing a digital tool for use in sustainable development. It is based on the role of digital skills and is accompanied by the study of similarity measures of users' digital skills. This measure of similarity reinforces the recommendation system that supports self-use of the application by drawing on the IPACO profile model, Plantard's digital appropriation process, Buckingham's digital literacy foundation and the semantics of a trace. Artificial Intelligence algorithms are the methods used.

The "digital mediation" approach, in our case, is pedagogical mediation with digital and it is based on the functionalities of digital communication at a basic level. The development of a Human-Machine Interface with the digital competence taxonomy is the method we used. The computational didactic approach revolves around the concepts of digital literacy and pedagogical mediation. It builds a stable EIAH from the concepts developed through the conditions recommended from the results obtained from previous studies.

The case study and the results: The scope of this research is an experiment carried out using an application on literacy in the Malagasy language which runs under the "Android" computer system. This application is inspired by the literacy manual "Lala sy Noro" whose face-to-face use seems so practical. The results of the analyzes on the interdependence of the impact of HCI-CNO on the learning duration with the Chi-square test and the relationship between the sample groups with the ANOVA tool confirmed the influence of the qualitative variable "continuity or duration of learning" on the 150 learners. The break time during learning is almost insignificant. Each learner achieves their objectives at the end of a training session.

In conclusion, our research has made it possible to define the taxonomy of digital skills allowing the design of a Human-Machine Interface that gradually promotes digital culture in early grades and in literacy.

Keywords: digital literacy, digital mediation, digital culture, Human-Computer Interaction, Artificial Intelligence, Taxonomy of digital competence, profile-mapping;

Short abstract

The proliferation of digital does not reflect the evolution of the industrialization of information and communications within the framework of sustainable development. How to initiate a digital environment based on digital culture from training at the basic level? This bi-diploma thesis draws the outline of a Human Machine Interface engineering adapted to illiterate users. It is based on the digital skills developed by the foundation of digital literacy and pedagogical mediation. The abstraction of the taxonomy of digital competence develops the appropriation of digital, with the management of continuity, during the learning sessions with the target audiences. Of the 176 learners, 100 used the IHM-CNO and reached the objectives close to the duration modeled by the expert after the analysis of the experimental results by the Chi-square tools of the interdependence between the variables and ANOVA of the variance between groups of learners.

ACRONYMES

AJAX: Asynchronous Javascript And XML

API: Application Programming Interface

ARTEC : Autorité de Régulation des Technologies de Communication

ATOM: Atom Syndication Format

BIT: Binary digIT

BLR : Boucle Local Radio

CD : Composant Décisionnel

CIM : Computational Independent Model

CSS: Cascading Style Sheet

DOM: Document Objet Model

EASSY: Eastern Africa Submarin System

EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution

EIAH: Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain

EIAO : Environnement Interactif d'Apprentissage avec Ordinateur

FOAD: Formation Ouverte et A Distance

GSM: Golbal System for Mobile Communications

HSPA: High Speed Downlink Packet Acess

HTML: HyperText Markup Language

IA : Intelligence Artificielle

ICQ: I seek You

IDM : Ingénierie Dirigée par les Modèles

IHM : Interface Homme-Machine

IHM-CNO : Interface Homme Machine – Compétence Numérique Objectif d'usage

IHM-CU : Interface Homme-Machine Centrée Utilisateur

IMS : Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système

IMS-LD: Instructional Management Systems-Learning Design.

IPACO: Informations personnelles, Préférences de l'apprenant, Apprentissage ou connaissance initiale, Catégorie ET Objectif de l'apprentissage

IRISA : Institut de Recherche en Informatique et Système Aléatoires

IRMAR : Institut de Recherche en Mathématique de Rennes

IT : Information Technology

KTBS : Kernel of Trace Based System

KTBS4LA : Kernel of Trace Based System 4 – Learning Analytics

LION : Lower Indian Ocean Network

LIUM : Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans

LL : Logical Link

LOM: Learning Object Metadata

LSD2 : Laboratoire de Structure Discrète et de Didactique

MACAO : Méthode d'Analyse et de Conception d'Application Orientée – Objets

MDA : Model Driven Architecture

MDE : Model Dreving Ingeneering

MOOC : Massive Online Open Course

MOODLE :Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment

MSN: Microsoft Network

OMG: Object Management Group

PIM: Platform Independent Model

RDF : Resource Description Framework

RSS: Really Simple Syndication

RTC/CDMA : Réseau Téléphonique Commuté / Code Division Multiple Access

SBT : Système à Base de Traces

SCORM: Sharable Content Object Reference Mode

SHS : Sciences Humaines et Sociales

SPARQL : Sparql Protocol and RDF Query Language

TELMA: Télécommunication Malagasy

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

TICE: Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education/Enseignement

TWEAK : Traces, Web, Education, Adaptation, Knowledge

UML: Unified Modeling Language

VSAT : Very Small Aperture Terminal

WiMax : World wide Interoperability for Microwave Access

XDSL : x permet de différencier les catégories de modems DSL (Digital Subscriber Line)

XML: Extension Markup Language

SOMMAIRE

Remerciements ii

Résumé iii

Abstract vi

ACRONYMES ix

SOMMAIRE xi

Liste des figures xv

Liste des tableaux xvii

Liste des algorithmes xviii

Prolégomènes xix

Le sens du vocable numérique en Communication xxiii

Les outils numériques et les dispositifs numériques de formation. xxv

UML ou Unified Modeling Langage (Booch et al., 1999) xxvii

L'application « αβGasy@mobile » xxvii

0. Introduction générale 1

0.1 Contexte général 3

0.2 Problématique et hypothèses 8

0.3 Positionnement des travaux de recherche 9

0.4 Plan du manuscrit 13

Partie I Champ de la problématique 15

Chapitre I. Politique publique du numérique à Madagascar 16

I.1 L'infrastructure numérique à Madagascar 17

I.2 Les plateformes numériques à Madagascar 19

Chapitre II. Les impacts des numériques à Madagascar 24

II.1 Une forte croissance de l'utilisation 24

II.2 La situation numérique dans le système éducatif malgache 25

Chapitre III. Analyse de l'existant à Madagascar 30

III.1 Usage des Technologies de l'Information et de la Communication 30

III.2 Analyse des besoins 31

Partie II : État de l'art 36

Chapitre IV. Contexte de l'environnement numérique de travail en apprentissage 37

IV.1 L'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain de Tchounikine 37

IV.2 Les concepts de la littératie numérique 45

IV.3 La culture numérique 47

Chapitre V. Interopérabilité du système d'information 49

V.1 La médiation en SIC 50

V.2 La médiation pédagogique 51

V.3 La médiation numérique des savoirs 56

V.4 Les modèles de connaissances par la navigation web 57

Chapitre VI. Le processus informatisation 60

VI.1 Le processus du développement logiciel 60

VI.2 Méthode de développement d'un module d'application 64

Chapitre VII. Les composants et les lieux de la modélisation 71

VII.1 La transposition informatique de la didactique mathématique de Nicolas Balacheff 71

VII.2 L'univers interne « αβGasy@mobile » 73

VII.3 Les traces numériques d'interaction à l'inscription de connaissances 74

VII.4 Les concepts de l'Intelligence Artificielle 79

VII.5 La didactique computationnelle de Nicolas Balacheff 80

Partie III Traitement du modèle de l'environnement numérique en petite classe et en alphabétisation 81

Chapitre VIII. La taxonomie des compétences numériques 83

VIII.1 Fondements de la littératie numérique 85

VIII.2 L'appropriation et les compétences en numérique 96

VIII.3 Orchestration de l'appropriation avec la compétence du/en numérique 109

VIII.4 Les compétences de base 119

Chapitre IX. Articulation entre les SIC et l'Informatique : La médiation numérique basée sur la taxonomie des compétences numérique 122

IX.1 La fonction de communication « référentielle » 122

IX.2 La fonction de communication « conative » 122

IX.3 La fonction de communication « poétique » 123

IX.4 La fonction de communication « métalinguistique » 123

IX.5 Médiation de perception 124

IX.6 Médiation de familiarisation 125

IX.7 Médiation pour les pratiques (IHM avec le caractéristique de la compétence pratique) 126

IX.8 Médiation pour la collaboration 127

Chapitre X. Phase d'abstraction des Compétences – Approches et modèles 129

X.1 La contextualisation du problème (Espace du problème) 131

X.2 La conception de l'IHM-PERCEPTION 133

X.3 Modèle de comportement de l'apprenant 136

X.4 Approche par « RB-D'influence » 137

X.5 La construction du système comportement de l'apprenant 144

X.6 Le système de recommandation ou algorithme d'orientation 158

X.7 . Le composant « IHM-CNO » (Razanakolona, et al., 2022) 165

X.8 Algorithme du nouveau composant du menu 174

X.9 Résultats et discussions 175

Partie IV Étude de cas 184

Chapitre XI. Étude théorique et conception d'une application 185

XI.1 Le choix du livre « *Lala sy Noro* » 186

XI.2 Structuration des contenus 190

XI.3 Élaboration du scénario pédagogique et les interfaces 193

XI.4 La conception des supports multimédias 195

XI.5 Étude comparative « Méthode Boscher » et « Lala sy Noro » 199

XI.6 La technologie de l'information et de la communication en éducation (TICE) 201

Chapitre XII. Prototype de la métamorphose du manuel vers le numérique 210

XII.1 Un outil présentiel vers un outil numérique 210

XII.2 Le passage du support manuel au support numérique 216

XII.3 De La pédagogie présentielle vers la pédagogie numérique 226

XII.4 De l'environnement présentiel à l'environnement numérique 233

XII.5 D'une assistance présentielle à une assistance à distance 236

XII.6 De l'administration présentielle à une administration à distance 240

Chapitre XIII. Basculement vers application mobile 242

XIII.1 Méthode SCRUM 242

XIII.2 Le modèle architecture 244

Chapitre XIV. Expérimentations 256

XIV.1 Protocole expérimental 256

XIV.2 Expérimentation avec « e-space » 261

XIV.3 Expérimentation avec « αβGasy@mobile» 264

XIV.4 Bilan général 267

XIV.5 Discussions générales 270

Partie V- Conclusion générale et perspectives 272

Contributions majeures 272

Des limites et des perspectives dans un domaine de recherche émergent 274

Conclusion 276

Glossaire xxviii

Bibliographie xxxii

Références Webographies ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe lxiii

Annexe I Les articles lxiii

Annexe II Extraits d'IHM_CNO lxv

Annexe III Extraits des données expérimentales lxv

Annexe IV Questionnaire d'analyse pour les deux groupes d'apprenants..... lxvii

Annexe V Extrait page « Lala sy Noro »..... lxviii

Table des matières lxxii

Liste des figures

Figure 0.1Positionnement de la thèse 11

Figure 0.2 Étape méthodologie de la thèse 12

Figure I.1 Maison 3D – EMIT 22

Figure II.1: Volume du trafic Data fixe et mobile à Madagascar 2008-2021 (ARTEC, Rapport d'activité 2021, 2022) 24

Figure IV.1: Le triangle environnement numérique qui forme un EIAH avec le Smartphone 38

Figure IV.2: Différentes méthodes de conception selon le degré de participation des membres de l'équipe de conception (Jean Daubias, 2004) 42

Figure IV.3: Modèle de processus à la culture numérique globale (Cerisier J.-F. , 2011) 48

Figure VI.1: Modèle de développement agile (Balaji et Murugaiyan, 2012) 62

Figure VI.2: Processus OMG (OMG, 2014) 66

Figure VI.3: Représentation global de l'Approche MDA vue sous l'angle de l'IHM (Armand, 2008) . 66

Figure VI.4: Les étapes du Processus MACAO N (Ferry, 2008) 68

Figure VI.5: Architecture de l'axe IHM avec transformateurs pour les passages de diagrammes de niveaux différents. (Ferry, 2008) avec MM est métamodèle 69

Figure VII.1: Le parallélisme entre l'agent humain et l'agent artificiel (Ballachef, 1994) 72

Figure VII.2: Approche Musette (Miller et Prié, 2006) 75

Figure VII.3: Schéma de fonctionnement KTBS4LA (Casado et al., 2016) 76

Figure VII.4: Trace, observés et extension temporelle de l'activité (Tarek et al., 2009) 77

Figure VIII.1: La taxonomie de la compétence de base en numérique 111

Figure VIII.2: Diagramme d'activité Amorce et Représentation 112

Figure VIII.3: Diagramme d'activité "Confiance" et "Langage" 114

Figure VIII.4: Diagramme d'activité "Construction-production" 116

Figure VIII.5:Diagramme d'activité "Autonomisation" et "Public" 118

Figure X.1 Niveaux d'abstraction d'une IHM (Lepreux et al. 2007) 130

Figure X.2: Scenario des tâches de l'activité perception 135

Figure X.3: Maquette de l'IHM-Perception 135

Figure X.4:Cycle de vie IHM basé sur la compétence de l'apprenant 136

Figure X.5: Exemple réseau Bayésien 140

Figure X.6: Étape de construction RB (Djebbar-Zaidi, 2013) 142

Figure X.7: Cycle et facteur d'apprentissage avec le smartphone..... 145
Figure X.8 Diagramme de classes UML du comportement apprenant 146
Figure X.9: Le processus du comportement pendant un apprentissage (Diagramme d'activité UML) 147
Figure X.10: Réseau bayésien et variable relatif au processus "apprendre à lire" RB-Lecture..... 149
Figure X.11: Réseau Bayésien et variable relatif au processus "Apprendre à écrire" RB-Ecriture 150
Figure X.12: Réseau Bayésien global pour le comportement de l'apprenant..... 151
Figure X.13: Extrait de tableau de probabilité des nœuds du RBG 153
Figure X.14 Règle d'influence du RB-DI..... 157
Figure X.15: Structure générale du Système de recommandation pour « αβGasy@mobile »..... 159
Figure X.16 : Structure du module de traitement de l'interaction..... 160
Figure X.17: Modèle de profil de (Jean Daubias et Phan, 2009) 162
Figure X.18: Cycle de vie "profil" en fonction des compétences acquises au fur et à mesure..... 163
Figure X.19: Architecture du système de recommandation « AβGasy@mobile » 166
Figure X.20: Diagramme de classe UML affordance (Razanakolona, et al., 2022)..... 167
Figure X.21: Diagramme de classe UML de la sérendipité (Razanakolona, et al., 2022)..... 171
Figure X.22 Planification de l'algorithme 174
Figure X.23 Présentation numérique du livre « Lala sy Noro » pour apprendre la lettre « l » 179
Figure X.24 (a) Durée d'apprentissage IHM simple (b) Durée d'apprentissage IHM-CNO..... 182
Figure XI.1: Historique de la formation à distance au point de vue des technologies utilisées (Hotte et Leroux, 2003). 204
Figure XII.1: les cinq phases de basculement d'un manuel papier vers un manuel numérique. 212
Figure XII.2: À : Présentation version papier. B : Présentation version numérique. C : Présentation sur écran mobile..... 221
Figure XII.3 Diagramme de classe UML de la base de données..... 224
Figure XII.4: Ressources Educatives Libres - Schéma conceptuel (OCDE 2007)..... 226
Figure XII.5: Diagramme d'activité pour un scénario pédagogique..... 232
Figure XIII.1: Modèle de développement SCRUM "αβGasy@mobile à partir du modèle (Bentahar Omar, 2016)..... 244
Figure XIII.2: Principe d'un système à base de traces modélisées (Djouad et al., 2010) 248
Figure XIII.3 : diagramme de packages « αβGasy@mobile » 253
Figure XIII.4 Structure composite de l'application « alfabetagasy »..... 255
Figure XIV.1 Répartition des testeurs par âge et genre..... 260

Liste des tableaux

Tableau 0.1 Les différents diagrammes UML xxvii
Tableau 0.1 Les outils pédagogiques 3
Tableau I.1 Couverture 3G et 4G par région en 2021 (Artec, 2022) 17
Tableau I.2 Nombre des abonnées Internet Fixe par type Technologie (Artec, 2022) 18
Tableau I.3 Synthèse des plateformes à Distance à Madagascar (Rakotomalala M. , 2018) 21
Tableau II.1 Les outils numériques de communication populaire 27
Tableau II.2 Impact du numérique (Laroussi, 2011) 28
Tableau III.1: Nombre d'inscriptions par niveau pour l'année scolaire 2016-2017 (Rakotomalala et al., 2020) 32
Tableau V.1 Scénario d'activité et trace numérique « αβGasy@mobile » 59
Tableau VI.1 : Différence entre approche traditionnelle et approche agile (Rota M. V., 2010) (Leau et al., 2012), (Li, 2010), (Mahalakshim et Sundararajan, 2013) 63
Tableau VI.2 : Les schémas de la méthode de MACAO suivant le niveau d'approfondissement de l'IHM (Ferry, 2008) 69
Tableau VII.1 Modèle de trace sur l'application « αβGasy@mobile » 78
Tableau VIII.1: Questions à maîtriser sur la représentation d'un logiciel d'apprentissage. 88
Tableau VIII.2: Types de connaissances du langage pour utiliser « αβGasy@mobile ». 89
Tableau VIII.3: Types de compétences nécessaires selon Bunkingham pour utiliser « αβGasy@mobile ». 90
Tableau VIII.4 : Public de Buckingham. 91
Tableau VIII.5 : Les aspects de Buckingham à partir de la définition de Habilo Medias (2015). 93
Tableau VIII.6 : processus d'appropriation Plantard en 2016 et autres processus 99
Tableau VIII.7 : Les actions de l'amorce avec les fonctions numériques 101
Tableau VIII.8 : description des fonctions de la confiance. 103
Tableau VIII.9: les fonctions de construction de l'action. 105
Tableau VIII.10 : les fonctions de l'action d'autonomisation. 107
Tableau VIII.11 Les concepts "Perceptions" pour « αβGasy@mobile » 112
Tableau VIII.12 Les concepts "familiarisation" pour « αβGasy@mobile » 115
Tableau VIII.13 Les concepts « pratique » pour « αβGasy@mobile » 117
Tableau VIII.14 Les concepts "Collaboration" pour « αβGasy@mobile » 118
Tableau VIII.15 : Tableau de compétences Buckingham et Plantard. 120
Tableau IX.1: Les caractéristiques de l'IHM pour la médiation perception 124
Tableau IX.2 : Les caractéristiques de la médiation familiarisation 126
Tableau IX.3 : Les caractéristiques de la médiation pratique 127

Tableau IX.4 Les caractéristiques de la médiation collaboration 128
Tableau X.1 : Représentation des compétences numériques selon les caractéristiques de l'IHM 132
Tableau X.2 Processus de conception IHM-P 134
Tableau X.3 Liste des variables et leurs modalités 140
Tableau X.4 Paramètre de la variable Compétence à lire 140
Tableau X.5 Paramètres de la variable Dysfonctionnement frappe clavier 141
Tableau X.6 Liste des variables 151
Tableau X.7 : Les informations dans IPACO (Jean-Daubias, 2011) 161
Tableau X.8 Valorisation du profil IPACO dans le traitement de trace 164
Tableau X.9 Échantillon de règle d'inférence 167
Tableau X.10 Les données à étudier 178
Tableau X.11 (a)Données pour apprendre la lettre "l" (b) Données pour apprendre la lettre "m" 180
Tableau X.12 Analyse de variance apprendre la lettre "l" 181
Tableau X.13 Analyse de variance apprendre la lettre "m" 181
Tableau XI.1 : Les compétences visées en fonction des objectifs visés 191
Tableau XI.2 : Les moyens multimédias. 195
Tableau XI.4 : La salle du séminaire. 198
Tableau XI.5 : dispositifs numériques d'apprentissage et certifications. 209
Tableau XI.1 : les conditions matérielles pour favoriser la captation de l'usager. 216
Tableau XII.2 : Les ressources disponibles et nécessaires pour la réalisation des activités pédagogiques et pour l'évaluation de l'apprenant. 229
Tableau XII.3 : Les outils pour les concepteurs pédagogiques 231
Tableau XI.4 : Les icônes de la situation d'apprentissage et leur fonctionnalité en classe. 235
Tableau XII.5 Les icones de l'école et sa représentation 236
Tableau XII.6 Rôle et fonction du tuteur (Denis B. , 2002) 237
Tableau XII.7 : Les outils de l'assistance à distance qui remplacent l'assistance en présentiel. 238
Tableau XII.8 : Les outils de l'administration à distance qui remplacent l'administration présentielle. 241

Liste des algorithmes

Algorithme X.1 Algorithme au modèle du comportement non supervisé 158
Algorithme X.2 : Algorithme du composant IHM-CNO (Razanakolona et al., 2022) 175

Prolégomènes

Durant les expériences professionnelles en projets d'informatisation d'une institution en microfinance, nous avions travaillé avec deux équipes pluridisciplinaires, réunissant des informaticiens et les spécialistes en microfinance. L'intérêt est de nous approprier deux terrains communs : l'informatique dans le domaine de la microfinance et dans la conception des dispositifs, les sciences humaines, par rapport au métier et l'informatique. Certaines méthodes d'évaluation sont transposables dans les deux domaines de la microfinance et de la formation. Un autre intérêt à ce travail de recherche est d'étudier à la fois l'intégration du numérique dans le domaine de l'éducation et le développement de la culture numérique des citoyens pour profiter davantage du backbone installé au Sud de Madagascar. Il est aussi d'exploiter l'usage du smartphone : le présent projet a été adapté pour le cas de Madagascar, mais il est transposable à d'autres pays en adaptant une application à partir des manuels d'apprentissage de la lecture en vigueur.

En effet, les pratiques efficaces du numérique dans la vie quotidienne ont promu les études scientifiques à la pluridisciplinarité. On peut citer l'informatique de la santé, l'informatique de la cartographique, l'informatique de gestion,… Dans notre cas d'étude, nous choisissons l'informatique du développement durable à travers la formation au numérique des petites classes et en alphabétisation. Ce thème fait partie du domaine de l'informatique et l'apprentissage humain que les communautés scientifiques du champ désignent sous la référence « Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain », EIAH. En termes de recherche, EIAH regroupe un champ scientifique pluridisciplinaire et transdisciplinaire et s'interroge sur la façon de développer des artefacts informatiques pour accompagner, améliorer voire augmenter les processus d'apprentissage et d'enseignement (George et al., 2015). De ce fait, différents concepts de bases peuvent être mobilisés pour réaliser l'étude en EIAH. Notre thèse initie le développement d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain dans les petites classes et en alphabétisation. Pour ce faire, nous avons mobilisé *les concepts de l'Informatique* pour étudier les artefacts informatiques à mettre en place, tandis que *les techniques des Sciences de l'Information et de la Communication « SIC »* articulent l'artefact informatique avec le modèle de communication dans le contexte des compétences des utilisateurs à s'approprier le numérique (Dacheux, 2009).

Les processus de la recherche ont jumelé les principes de deux disciplines, Informatique et Sciences de l'Information et de la Communication, pour garder les spécificités du système

de l'Information et de la Communication et dans le contexte Apprentissage et Informatique. En d'autres termes, la construction de l'approche interpelle la juxtaposition de différentes informations, de méthodes et de concepts. Notamment, les deux disciplines ont chacune leurs propres formalités pour la réalisation des travaux de recherche ainsi que pour la formalisation des différents documents de la thèse (par exemple, les notes et les commentaires de tableaux en bas de page pour les SIC ce qui n'est pas le cas pour la légende des tableaux pour l'Informatique ou encore, le volume-même de la thèse en SIC qui peut aller jusqu'aux 500 pages alors que les documents purement techniques tournent autour de 150 pages en moyenne pour l'Informatique, etc.). Dès lors, nos différents supports de recherche se doivent de rechercher un consensus aux différents principes de la pluridisciplinarité (SIC et Informatique).

Par ailleurs, notre artefact ou l'application créée et dictée par le modèle de communication n'étudie pas les « modèles des contenus » et le « mode[1] » d'utilisation, mais s'intéresse uniquement aux « pratiques[2] » en vue d'améliorer les résultats attendus sur les pratiques du smartphone dans un cadre de développement durable.

L'application fonctionne sous le système d'exploitation Android. Cela facilite la diffusion et l'analyse des résultats. Le recul de l'analphabétisme représente un indicateur de mesure sur les bons résultats de l'usage de l'application sur smartphone. Dans ce cas, nous devons travailler avec les pédagogues ou les spécialistes à la transmission de connaissances pour l'alphabétisation afin d'assurer les contenus pédagogiques et les processus d'apprentissage.

Dans cette thèse, nous aurons des Interfaces Homme-Machines, IHM, qui sont développées à partir des fonctions de communication fournies à travers les études préalables en SIC. Ces IHM sont plus que dynamiques puisqu'elles sont conçues et utilisées à partir du niveau de compétences de l'utilisateur.

Ainsi, le numérique est le champ des activités humaines qui a trait à la transmission, au traitement, au stockage de l'information par des machines. Ce champ est aujourd'hui partout dans la société, et les changements sociétaux induits par lui sont importants. Il est inclusif ou en tous cas, s'inscrit dans une dynamique inclusive. L'école, de son côté, n'est pas isolée ; elle connaît en même temps de profondes mutations et elle est impactée par ce mouvement de fond. Sa dynamique inclusive est, pour citer Teressa Assude, "*cette dimension sociale et culturelle qui permet à chaque personne d'être membre de droit et de devoirs dans la société à laquelle*

[1] Processus ou approche d'utilisation (Antidote)
[2] Façon habituelle d'agir (Antidote)

*il (*elle*) appartient et avec la possibilité de prendre en toute légitimité une place digne et citoyenne"* (Assude, 2019) .

Cette inclusivité questionne aussi la société, mais elle est encore de l'ordre du souhaitable. L'ambition inclusive est une perspective à envisager dans un horizon plus lointain, elle est moins visible et ne présente effectivement que le numérique, mais pourtant elle pourrait également bénéficier aux élèves en situation de handicap.

L'instruction et la culture technologiques constituent la clé de voûte de la modernisation du pays. Pour contribuer à cet effort de modernisation, nous voulons favoriser l'égalité des chances en installant la pratique de l'informatique dès le plus jeune âge.

Le sens du vocable numérique en Communication

Le numérique succède à l'analogique et a vocation de lui substituer ou de lui adjoindre un système de représentation de signaux intégrateurs. Ils sont représentés donc par deux types différents de signaux porteurs d'information analogie ou de représentation numérique. Les signaux analogiques sont des images des valeurs physiques comme la température, la pression, les débits…tandis que les signaux numériques sont des valeurs discrètes, quantifiées et codées d'un langage formel unique. Les traitements des informations avec la méthode analogique ont montré des faiblesses en termes de facilité de manipulation, de reproduction et d'interopérabilité (Vitali-rosati, 2014). En revanche, le « numérique » qui peut être utilisé pour caractériser le mode d'enregistrement aussi bien du son, de l'image que d'autres formes de représentation de signaux peut aussi avoir des qualités performantes de copies ou de duplications malgré les niveaux d'échantillonnage et des facilités de quantification et d'interopérabilité. Son principe est de discrétiser le continuum du son – ou de l'image ou de n'importe quelle autre information. Le processus de discrétisation est à la base de toutes les technologies électroniques qui fonctionnent à partir des chiffres discrets 0 et 1. Selon la définition par Couchot : « Le numérique est capable de réduire tous les types d'information (images, sons, textes, gestes, …) à leur plus simple et commun état, le BIT (Binary digIT). Ce qui permettait d'hybrider toutes les techniques artistiques en les renouvelant (telle la photo, la vidéo et le cinéma numériques) et de créer des œuvres irréalisables jusqu'alors avec les matériaux traditionnels (tels les dispositifs de la réalité virtuelle, les œuvres sur réseaux et les jeux vidéo interactifs). Il permettait au récepteur des œuvres d'interagir avec celles-ci, ce qui changeait en profondeur le rapport entre l'auteur, l'œuvre et son récepteur *»* (Couchot et Hilaire, 2005).

Les techniques artistiques se développent sous forme du design matériel ou design de présentation proposée par les spécialistes (*Figure 0.3*). Autre que l'exemple cité par l'auteur, les différents designs des téléphones portables sont sans cesse renouvelés. Les renouvellements des matériaux traditionnels comme la télévision avec l'option Internet ont fait évoluer différentes tâches réalisables avec celle-ci. Les robots, l'imprimante 3D sont des matériaux traditionnels renouvelés et ont amélioré les services offerts.

Par nature, le numérique est un outil porteur d'informations (*Figure 0.3)*. Il a aussi la capacité de traiter ces informations par l'intermédiaire des composants électroniques, constitués à base de numérique. Cette méthode de traitement a été renforcée par l'informatique qui a l'objectif d'automatiser le traitement de l'information. Automatiser le traitement de l'information fait appel aux caractéristiques des signaux numériques lors du traitement des

informations. La définition de Couchot et Hilaire en 2005 explicite les points forts du numérique avec les développements possibles autorisés par le traitement automatisé proposé par l'informatique (Couchot et Hilaire, 2005).

Dans le champ de la Communication, tous les objets, les composants, les outils et les dispositifs porteurs des informations (intervenant dans le traitement automatique de l'information) et qui ont la propriété/ la capacité de traiter les informations sont classifiés comme données numériques. La Figure 0.3 récapitule les étapes du numérique jusqu'à la diffusion de l'information.

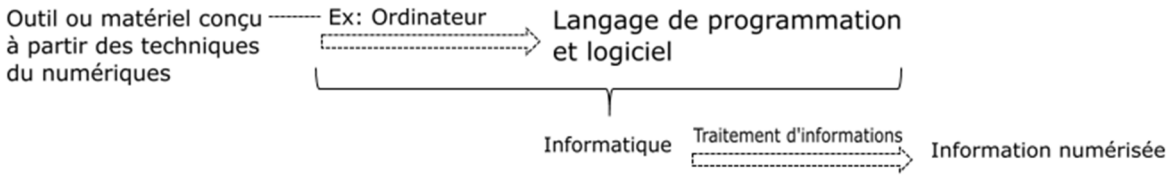


Figure 0.3: Le numérique à l'Informatique.

L'outil ou le matériel conçu à partir des techniques du numérique est un ensemble de composants comme une carte mère de télécommande ou une plaquette de circuit intégré dans un fer à repasser. On peut citer comme composants, la diode, le transistor, le condensateur, la résistance avec des codes de couleurs (*Figure 0.3)*. La carte mère qui est le plus grand des composants compte plus de plaquettes de circuits intégrés dans un ordinateur. L'ensemble de ces composants forme un ordinateur ou un calculateur avec les applications qui ont un rôle informatique ou de télécommunication. Des algorithmes de calcul sont programmés par un langage machine décrivant et exécutant l'application en langage informatique. L'informatique s'attèle aux traitements automatiques des informations tandis que les applications de la télécommunication contribuent à la manière de faciliter leur transmission à distance. L'information traitée par la méthode informatique est l'information numérisée.

Nous nous intéressons à l'usage du numérique dans la vie quotidienne, et en particulier dans la formation des petites classes et en alphabétisation. Il est difficile de vérifier l'usage de base du numérique dans la partie informatique et celle de la télécommunication, car cela demande une expertise chez les utilisateurs. Alors que le numérique peut engendrer des problèmes importants pendant l'usage spécifique dans un environnement numérique non maîtrisé, nous considérons néanmoins qu'il est exploitable dans notre expérimentation : les contenus ou le sens des informations traitées expriment les besoins de l'utilisateur et les concepts du numérique y seront caractérisés en fonction de ses spécificités.

Cet environnement numérique définit la relation d'intelligence que nous cherchons à établir entre la technologie et l'enseignement de base. La raison de l'existence du numérique dans notre projet est qu'il engage en permanence à la fois les notions d'outils techniques, de traitement et d'information porteuse de connaissances. Il renvoie à un champ didactique pluridisciplinaire où les formations à la culture générale et à la culture technologique non seulement ne sont plus dissociées, mais sont aussi complémentaires, et ceci, grâce au traitement intelligent autorisé par les outils et concepts de la science informatique.

Les outils numériques et les dispositifs numériques de formation.

Avant d'entamer le cœur de la recherche, il est nécessaire de clarifier la différence entre outils numériques, applications numériques, et dispositif numérique et, également d'en faire la description.

La définition du « numérique » au paragraphe précédent et dans les dictionnaires Antidote, Larousse, etc., permet de déduire que l'outil numérique est un appareil ou machine commandée avec une méthode numérique. Un circuit intégré assure les commandes de l'utilisation de l'outil.

Une application numérique est un logiciel applicatif développé pour un appareil électronique tel le téléphone portable, les ordinateurs, les télécommandes. C'est un ensemble de programmes qui permet à ces appareils électroniques ou à un système informatique d'assurer une tâche ou une fonction en particulier (exemple : logiciel de gestion de stock, logiciel de comptabilité). Une application correspond à un logiciel.

Les dispositifs numériques constituent un environnement particulièrement approprié pour le développement des capacités de traitement de l'information dans divers domaines d'application d'ordre supérieur comme la gestion, l'organisation, l'analyse critique, la résolution de problèmes et la création de l'information, la formation d'hypothèses et de catégories (Gerbault, 2012). En 2009, Jean-François Bourdet et ses équipes ont déjà proposé les éléments suivants pour les caractériser : la visée, la granularité, la ressource/activité et l'interaction, constitutifs d'un dispositif (Bourdet et Bourdet, 2009).

Tableau 0.2 Tableau synthétique d'un outil, une application et un dispositif numérique

Libellé	Un outil	Une application	Un dispositif
Sources	Un matériel ou un support physique	Des codes informatiques	Un ensemble des applications supporté par un matériel physique
Présentation visuelle	Un objet concret et quantifiable	Langage de programmation informatique	Un environnement informatique pour réaliser les actions/interactivités
Exemple	Vidéoprojecteur, ordinateur, imprimante, scanner, téléphone portable, smartphone, …	Les différents logiciels, les systèmes d'exploitation, les scripts de commande, …	Le robot, EIAH, une plateforme pour desservir un ensemble outil,

Un outil sur le Tableau 0.2 est un matériel dont le fonctionnement est programmé au travers des langages de programmation numérique. Ainsi, une imprimante est à la fois un outil numérique et informatique. Elle est conçue à partir de composants numériques et commandée par des programmations informatiques (la commande à enregistrer les documents à imprimer, l'annulation des impressions …). Les différents fonctionnements intervenant dans la gestion de l'impression sont des applications écrites en langage de programmation informatique. L'interopérabilité de ces différentes applications forme un dispositif selon la définition des fonctions données par Bourdet et Gerbault. Comme en témoigne l'impression à distance sur les plateformes de gestion de l'inscription des étudiants, et la gestion des salaires des personnels administratifs. Un dispositif est donc un agencement d'éléments, organisé selon une intention plus ou moins visible, cherchant à atteindre des finalités précises. Il n'est pas isolé. Il dépend « d'objets de même nature qui le précèdent et qui le suivent » (Marchal, 2018).

Au démarrage de la conception et sur l'ensemble du document, nous utilisons le terme « application » pour désigner notre plateforme d'apprentissage mise en ligne et testée par les apprenants. Au-delà de la version 1.00, elle sera comparable à la description d'un « dispositif numérique » pour un apprentissage humain.

Dans l'ensemble du document, nous désignons par outil, le smartphone avec les commandes de son fonctionnement comme la communication (allumer le smartphone, ou redémarrer par exemple). Nous utilisons "Application" pour désigner le programme pour

apprendre à lire, à écrire et à calculer dans la langue malgache et "Dispositif" pour désigner l'interopérabilité des applications selon une fonctionnalité sophistiquée.

UML ou Unified Modeling Langage (Booch et al., 1999)

UML est un langage standard de modélisation objet qui peut se substituer aux notations d'autres méthodes objets. Il est constitué par un ensemble de diagrammes qui synthétisent des points de vue statique, dynamique et fonctionnel (Tableau 0.1). Ces diagrammes UML réconcilient l'analyse et la conception en proposant une démarche par raffinements successifs. UML 2.0 a 13 types de diagrammes.

Tableau 0.1 les différents diagrammes UML

Diagrammes de structure pour modéliser l'aspect statique	Diagrammes de comportementaux pour modéliser l'aspect dynamique
Classe, composants, déploiement, objets, paquetage, profil, structure composite	Cas d'utilisation, activités, état de transitions, séquence, communication, présentation des interactions, diagramme de temps

Dans ce document, les modélisations qui font intervenir l'UML ont utilisé les diagrammes suivants : cas d'utilisation, activités, paquetage et composants. Leurs spécificités sont expliquées aux paragraphes d'utilisations.

L'application « αβGasy@mobile »

αβGasy@mobile désigne l'application pour apprendre à lire, à écrire et à calculer en langue malgache.

0. Introduction générale

Le choix de ce projet de thèse est parti de mes observations des différents résultats sur l'utilisation du téléphone portable en zones rurales dans la partie sud de Madagascar depuis 2011 (Telma, 2017). Ces observations sont non seulement vérifiables, elles se confirment aussi, car la base de données sur les transactions monétaires dans ces zones devient plus abondante : le MVola par exemple, mais aussi d'autres services comme Orange Money ou Airtel Money sont venus enrichir le système monétaire quelques années plus tard. Par ailleurs, l'adoption du téléphone mobile en particulier est l'un des phénomènes les plus saillants de ce que certains médias présentent comme une révolution : dans les villes, et dans une moindre mesure dans certaines campagnes, beaucoup de jeunes et vieux, de femmes et d'hommes, de riches et de pauvres ont fait leur, cet instrument, devenu un moyen de communication incontournable depuis l'année 2000 :-(Chéneau-Loquay, 2001)-(Allard, 2010)-. le téléphone portable s'est généralisé avec une rapidité qui a été soulignée par toutes les études scientifiques (Chéneau-Loquay, 2001) (Allard, 2010). L'effet du numérique sur l'insertion professionnelle, grâce au téléphone portable, ne saurait être ignoré (Jocelyn, 2007)-.

En fait, ce sont toutes les nouvelles technologies de l'information et de la communication et plus particulièrement celles qui contribuent aujourd'hui à l'univers du numérique, qui transforment notre façon de vivre, d'apprendre, de travailler (Khan et al., 2012). À travers elles, l'univers informatique est devenu une composante clef dans notre quête d"information et des traitements que nous effectuons sur des informations.

Grâce aussi aux outils technologiques (ordinateurs, tablettes, téléphones, etc.), des changements structuraux et fondamentaux sont a priori intégrés dans la manière d'enseigner, d'apprendre et d'administrer les dispositifs éducatifs (Thibert, 2012). Une véritable révolution est en marche pour réinventer les pédagogies de demain, qu'elles soient appelées "modernes" ou assistées par les ordinateurs (Tchounikine, 2002).

À l'avenir, les acteurs principaux de l'apprentissage devront disposer d'un outil numérique afin de faire entrer l'école dans l'ère du digital, ou plus habilement, de faire profiter au plus grand nombre l'école du digital. Dans le contexte de Madagascar, pourrait alors se poser les questions suivantes : **Comment profiter des TIC pour repenser l'enseignement traditionnel ? Comment les technologies modifient-elles notre accès à la connaissance ? Quelles sont les nouvelles méthodes d'apprentissage quand on utilise les TIC ? Comment**

adapter l'apprentissage aux nouvelles habitudes des apprenants hyper connectés ? Sans oublier les fractures numériques qui persistent dans les pays en développement.

La problématique de notre recherche repose sur la conception d'un environnement numérique basée sur les concepts de la littératie numérique. Dans la définition des domaines d'intervention de la Recherche, il s'agit d'une recherche de type "action" qu'on qualifie de "Recherche-action".

La **recherche-action** (ou recherche-intervention, ou encore recherche-expérimentation) est, d'après une présentation de Gelinas et Brière (1985), "*une démarche et une méthodologie de recherche scientifique qui visent à mener en parallèle et de manière intriquée l'acquisition de connaissances scientifiques et des actions concrètes et transformatrices sur le terrain. Ce double objectif est souvent associé à une réflexion critique, notamment dans les sciences sociales* (Gelinas et Brière 1985).

La recherche-action que nous nous proposons de mener sur le terrain est issue du constat suivant : le téléphone portable envahit la société, et les réseaux sociaux ont été largement investis. Nous pouvons étudier l'appropriation par les utilisateurs débutants ou quasi analphabètes, d'un dispositif numérique, avec pour cas pratique les personnes en situation d'alphabétisation.

Nous souhaitons, avec cette recherche, comprendre les modalités d'appréhender le smartphone pour initier à la culture numérique à travers l'apprentissage dès le niveau scolaire de base. Ces éléments de compréhension nous sont indispensables pour positionner notre démarche dans une perspective de développer un environnement en informatique pour l'apprentissage humain dès le niveau de base. Dans la pratique, la conception de cet environnement appartient à la thématique « humanité-digitale » (Apprentissage humain avec le numérique) (Dacos et Mounier, 2013). Différents types de formations à distance font la preuve de ce phénomène, tel SPOC (Pélisser, 2017). Dans notre cas, l'alphabétisation en langue maternelle sera le champ d'étude de la recherche. En pratique sociale, la recherche-action, qui sera définie dans la section « Méthodologie », semble une méthodologie appropriée à cet objet.

0.1 Contexte général

Pourquoi le smartphone a pu faire des réseaux sociaux un outil de communication potentielle et que cela ne pourrait pas être le cas pour un usage de développement durable pour l'éducation de base ?

Le numérique transforme, notre façon de vivre, d'apprendre, de travailler, etc. et l'apparition des environnements immersifs en Sciences de l'Information et de la Communication a, par exemple, bouleversé les modes de communication. D'ailleurs, comme l'affirment certains auteurs, "*Le réel et le virtuel entretiennent des relations ambiguës dans le cadre des nouvelles sociabilités interfacées par des représentations"* (Jaillet, 2004). Dans le domaine de la représentation physique de l'information et de sa communication collective par exemple, de nombreuses innovations ont jalonné l'évolution du Web : l'affichage statique des pages (avec le HTML), la messagerie instantanée (ICQ, MSN, Live Messenger, etc.), les sites de rencontre (Lovelycos, Meetic, etc.), les blogs (Vingtsix, Livejournal, etc.), les sites de réseaux sociaux (Facebook, Myspace, Linkedin, etc.) (Khan et al., 2012). Ces innovations ont permis une évolution des modalités de communication. La communication médiée par l'ordinateur et Internet (Tchounikine, 2002) se place dans la continuité de ces évolutions et ne cesse de susciter les invitations à inventer d'autres outils de communication.

Concrètement, le cours académique utilisant (*Tableau 0.*1) le tableau noir, la craie et les livres en papier est en passe d'être dépassé. Un nouveau rapport de l'apprenant à l'apprentissage est nécessaire et indispensable dans le cadre du e-learning.

Outil d'apprentissage traditionnel	Outil d'apprentissage numérique
livres, stylo, tableau noir, craie, cahier, ardoise, tableau d'affichage, cahier de registre, table avec banc, bureau maîtresse, casier, cartable, etc.	Ordinateur, smartphone, écran numérique, internet, tableau blanc interactif, souris, clavier, environnement informatique, etc.

Tableau 0.1 Les outils pédagogiques

Ainsi, l'apprentissage numérique est un champ d'application du numérique dans le domaine de l'apprentissage (préscolaire, maternelle et primaire dans notre étude) avec les conditions techniques adéquates. L'approche de l'éducation scolaire « Apprendre à apprendre » est un outil scolaire pour la réussite développé depuis 2016. Il s'appuie sur un cheminement « introspection » fondé sur des questionnements successifs et répétés ; ce processus n'est pas mécanique et ne se limite pas à une application de méthodes ou systèmes

(Académie, 2019). Il a pour but de favoriser la réussite de nos élèves et lutter contre le décrochage scolaire. Il sert à aider les élèves pour qu'ils réussissent à apprendre. Il comporte (Holec, 1990):

- des **objectifs** spécifiques (par exemple apprendre à se servir d'un enregistrement authentique pour s'entraîner en compréhension orale ; apprendre à passer de 'il faut que j'apprenne du vocabulaire' à 'il faut que j'apprenne le vocabulaire qui me permettra d'exprimer telle attitude dans telle situation' ….) ;
- des **moyens** spécifiques (par exemple grilles ou questionnaires qui aident à réfléchir sur le type d'apprenant que l'on est, à s'autoévaluer en tant qu'apprenant ; techniques d'analyse d'un corpus permettant de trouver soi-même la réponse à une question personnelle d'ordre linguistique : comment on fait une phrase interrogative qui puisse servir à vérifier l'identité de quelqu'un ; …..).

Pour apprendre à parler, notamment prendre parole, le moyen de communiquer utilisé devient de plus en plus sophistiqué. L'utilisation de l'outil « microphone » nécessite la compétence activation et le volume pour parler comme il le faut avec un simple microphone. Si le microphone est intégré dans un téléphone portable, comme dans notre cas d'étude, la connaissance sur l'icône qui représente le microphone est primordiale, de même que celle de l'icône ou les claviers pour gérer le volume, ou le bouton d'enregistrement s'il faut enregistrer les paroles. Et comment tenir le microphone pour qu'on soit à l'aise pendant la prise de parole ? Pour apprendre à écrire, il faut manipuler l'écran d'un téléphone portable avec le stylet capacitif (*Tableau 0.1*) Apprendre à écrire ne se limite pas au clavier. Les pratiques avec le stylo garantissent la compétence. Et comment tenir le smartphone avec le stylet capacitif pendant l'apprentissage ? Ces phénomènes persistent pour chaque type d'outil numérique utilisé. Comment transformer les outils numériques pour qu'on les utilise à la place des outils traditionnels ? Il ne s'agit pas seulement des outils, mais aussi de la relation apprenant – enseignant qui se transforme en relation apprenant – dispositif numérique. Nous désignons la figure 0.1 pour expliquer l'interrelation entre l'apprenant, l'objectif de l'usage du numérique et le dispositif numérique mobilisé. L'utilisation d'un outil, d'une application ou d'un dispositif numérique est constituée de différents composants élémentaires. Les outils et les relations pédagogiques changent et prennent d'autres formes avec le numérique. Cette figure exprime l'articulation entre les éléments qui contribuent à l'intégration des numériques dans une discipline prédéfinie. Pour mieux comprendre ladite figure, nous proposons des

définitions des éléments qui se trouvent aux sommets et sur les côtés du triangle. Ceux à l'intérieur du triangle sont les éléments techniques qui seront explicités dans la partie méthodologie (page 9).

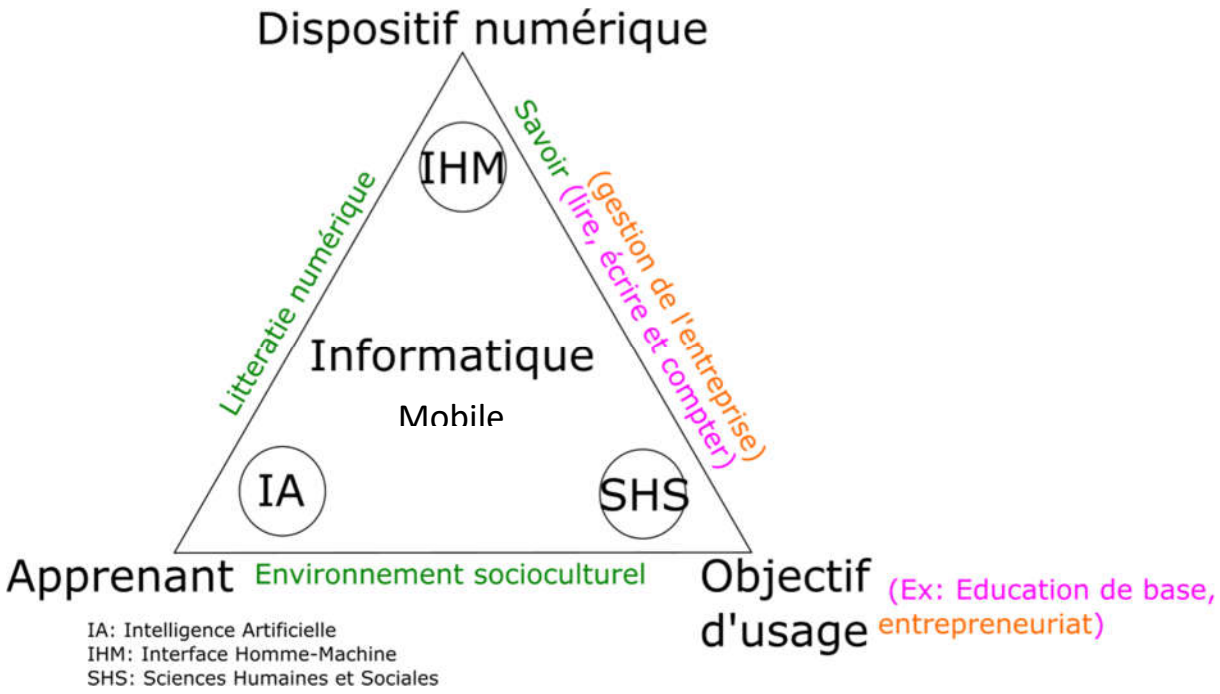


Figure 0.1 Le triangle d'utilisation d'un dispositif numérique

Nous désignons par "dispositif numérique", l'ensemble des outils numériques pour réaliser une activité. Il s'agit notamment les éléments de la liste des outils d'apprentissage numérique pour l'éducation de base (*Tableau 0.*1): par exemple les fenêtres de dialogues combinées avec des émoticônes, le traitement de texte combiné avec la boîte aux lettres, les logiciels opérationnels qui gèrent la gestion de stocks, les téléphones portables livrés avec des différentes fonctionnalités, etc. Le rôle et les moments clés d'intervention des enseignants sont aussi indiqués à l'intérieur de ce dispositif.

Pour parler de l'apprenant ou de l'utilisateur, il correspond à l'être humain qui manipule le dispositif numérique, et qui varie en fonction de l'âge, du genre, du niveau intellectuel, des compétences acquises en termes d'usage du numérique, de la catégorie socioprofessionnelle et d'autres variables sociologiques.

Quant à l'objectif de l'usage, il est intéressant de mettre en cohérence l'objectif d'usage initié par le concepteur et l'objectif d'usage envisagé par l'utilisateur. Il décrit les

besoins spécifiques des utilisateurs pour lesquels l'intervention du numérique est nécessaire. L'intervention peut être sous forme d'aide ou soutien sur les difficultés rencontrées, ou bien une innovation émergente sous la pression des besoins de l'environnement. Cet élément du triangle renvoie au « SAVOIR », selon qu'il s'agit de l'ensemble de connaissances ou l'aptitude reproductible acquise par l'étude ou l'expérience sur l'objectif de l'usage. Dans notre projet, c'est le savoir- lire, écrire et compter, car nous travaillons au niveau de la formation au numérique des petites classes et en alphabétisation. Si le savoir prend la forme de l'enseignement, il relève du domaine de la discipline concernée qui peut être l'apprentissage de la langue écrite ou orale, la mathématique ou autres : pour le cas de la gestion d'entreprise par exemple, elle relèvera du domaine de l'entrepreneuriat.

Chaque utilisateur désirant utiliser un dispositif numérique a un besoin personnel ; ce besoin peut être initié par la curiosité ou l'ambition, qui se transforment en une motivation pour l'approfondir avec un certain « savoir » acquis préalablement. Dans le cas où le niveau de ce savoir chez l'apprenant est non satisfaisant, sa motivation le pousse à apprendre l'utilisation et ainsi, à pratiquer, pour atteindre ses objectifs qui se mélangent parfois avec d'autres options d'usage au cours de l'apprentissage. Ce qui explique le choix de tel ou tel outil pour apprendre selon sa capacité, les moyens à disposition et ses objectifs personnels. L'objectif d'usage est alors un moyen pour développer les objectifs personnels. Les objectifs personnels se transforment en développement personnel et s'enrichissent grâce à l'environnement socioculturel. Par contre, la compétence "se servir du dispositif numérique" ou la littératie numérique est un statut à définir, car il s'agit d'une relation entre l'apprenant et les dispositifs numériques. La qualité des relations enseignants-apprenants serait un facteur crucial qui favorise leur engagement scolaire respectif (Galand et al., 2006) (Fortin et al., 2011).

Pratiquement, dans notre champ d'étude, une nouvelle forme de relation pédagogique se crée entre l'apprenant et le dispositif parce que le dispositif numérique prend le rôle de l'enseignant. Le développement de ce dispositif ne facilite pas la détermination du type de la relation pédagogique sachant que le dispositif numérique peut être une plateforme ou un jeu sérieux, etc. Pour chaque élément du dispositif, et au cours de sa prise en main, peut survenir une confusion des rôles entre les rôles assignés aux utilisateurs et ceux assignés aux enseignants. D'une manière générale, les différentes versions du dispositif numérique ne facilitent pas la détermination des types de relations entre apprenants et enseignants, ou utilisateurs apprenants et utilisateurs enseignants, si on se réfère aux résultats empiriques du numérique dans le domaine de l'éducation. Le système du tutorat s'inscrit lui aussi dans la

relation pédagogique numérique par l'intermédiaire de la médiation pédagogique numérique (Rabardel P. , 1995) (Peraya, 1999). Cependant, ce système de tutorat se définirait différemment face aux besoins du système éducatif numérique : les pistes du champ de recherche évoquent désormais « le système de tutorat intelligent » (Nkambou, et al., 2006). Notre expérience de formation nous amène à considérer que la relation pédagogique est indépendante de la motivation avant l'apprentissage, car elle surviendrait au moment même de l'apprentissage.

Après l'observation sur le terrain, et pour l'efficacité socioéducative et technique de cette recherche, le téléphone portable comme dispositif prime parmi d'autres appareils : la couverture numérique de l'Île ainsi que l'usage quotidien du GSM[3] par la population malgache explique ce choix. Nous savons que les appareils nomades, par leur accessibilité matérielle, leur connectivité, leur multifonctionnalité, pourraient devenir emblématiques de la société numérique. Effectivement, le téléphone portable est petit, peut être transporté facilement et utilisé partout, et il permet de se connecter facilement. Il est ainsi présenté dans la société en ayant des usages variés et diversifiés : pour se connecter, pour communiquer et partager, pour chercher de l'information, pour prendre des photos, des vidéos, pour jouer, etc. D'ailleurs, certains citoyens n'imaginent plus leur vie sans smartphone. La compréhension des textos envoyés par sms[4] nous a surpris pendant l'examen des résultats sur le terrain. L'effet du mimétisme entre utilisateurs de téléphones portables conduit les apprenants qui ne maîtrisent quasiment pas la langue écrite et orale à comprendre, par exemple, les textos reçus et à voir la capacité d'y répondre par un sms avec le style de police mixte, alors qu'écrire sur papier avec un stylo leur est impossible. Un autre fait constaté est la capacité à mémoriser de façon visuelle des noms ou des numéros d'appel qui s'affichent sur l'écran du téléphone. Ces individus n'arrivent pas à prononcer ces noms ou ces numéros, mais ils savent spontanément de qui il s'agit. En leur demandant d'écrire leur numéro personnel, nous constatons qu'ils reproduisent la forme des chiffres, comme s'ils avaient à reproduire une image en la dessinant.

Dans notre recherche donc, la littératie numérique est le composant qui relie directement l'apprenant avec le dispositif numérique et toute démarche pédagogique commence par une relation enseignant-apprenant. Se manifestant par un dialogue entre les acteurs de l'apprentissage, cette relation est au centre de l'apprentissage et représente une préoccupation de plus en plus importante pour les enseignants avec lesquels les apprenants développent une relation affective.

[3] Global System for Mobile Communication
[4] Short Message Service.

.

0.2 Problématique et hypothèses

Le fondement de notre intervention fait appel à l'efficacité de l'intégration du numérique dans son contexte défini par l'utilisateur. Dans une utilisation d'apprentissage, la problématique de la thèse se pose en outre la question de qui détermine le type de la relation qui existe entre l'utilisateur, notamment l'apprenant dans notre cas, avec le dispositif numérique d'apprentissage qu'il utilise ? À chaque type de relation correspond un type de médiation (Lerbet-Sereni, 2000). La relation pédagogique correspond à la relation "médiation pédagogique" ce qui nous oblige à définir la médiation pédagogique à l'aide d'un outil numérique destiné à l'apprentissage.

Dans notre étude, la médiation pédagogique avec le numérique mérite une étude approfondie pour que l'utilisation ou l'apprentissage soient performants lors de son utilisation. Cette médiation sera exprimée ou formulée par les modalités de communication. Ceci nous amène à formuler notre question de recherche : «**Quel type de communication- relation existe entre un apprenant/enseignant avec un dispositif numérique d'apprentissage ? Cette communication-relation aurait-elle un impact positif sur sa motivation ?**».

L'appropriation du dispositif est un autre facteur pour mesurer et déterminer ce type de médiation. Il nous faut des outils qui s'adaptent à la fois à l'environnement d'utilisation et à la capacité de l'utilisateur. Des questions se posent pour qu'un outil réponde à ces conditions : «**Comment les apprenants/enseignants s'approprient le dispositif numérique destiné à l'apprentissage afin d'avoir des résultats escomptés et utiles pour la maîtrise de la lecture de la langue malgache ? Comment rendre les outils numériques performants et appropriés dans le monde de la formation au numérique dans les petites classes et en alphabétisation, en particulier à Madagascar ? Quelles sont les conditions pour que les TIC puissent comporter une offre d'apprentissage susceptible d'être adoptée pour les potentialités qu'elles représentent ? Quelles adaptations du dispositif entraînent-elles ? ».**

En tous cas, ces dispositifs numériques nécessitent le type de relation apprenant et enseignant, mais aussi le recours de l'enseignant comme appui technique. Les éléments du triangle présentés plus haut ont été créés respectivement à partir de l'« Interface Homme-

Machine » IHM, l'« Intelligence Artificielle » IA et les« Sciences Humaines et Sociales » SHS. En cas de problème à résoudre, la remise en cause sur le plan technique se fera au niveau de ces trois éléments. Ce qui nous conduit à mener des recherches à leur niveau et du point de vue technique, à aborder les problèmes suivant les phases d'observation de la réalité sur le terrain.

Hypothèses

Notre question centrale nous conduit à proposer trois hypothèses que nous testerons dans notre recherche (Poellhuber et Boulanger, 2001).

Hypothèse 1 :
Pour un dispositif numérique, l'Interface Homme Machine ou IHM est la frontière entre l'humain et la machine (Gabillon Y. , 2011). **Derrière la manipulation et la visualisation, il y a aussi la compréhension ou la connaissance de l'utilisateur que le système doit prendre en compte pendant l'usage.** Cette adaptation du système à l'utilisateur est la simulation de l'utilité et l'utilisabilité du système avec la compétence de l'utilisateur jusqu'à l'atteinte de l'objectif visé. La compétence de l'apprenant à l'instant t ne l'est plus à l'instant t+1.

Hypothèse 2 :
Un dispositif numérique palpable à travers l'IHM est conçu à partir d'un problème à résoudre ou en réponse à des besoins à satisfaire (Kolski, 1995). **L'environnement numérique mobilisé intégrera les conditions nécessaires à la réalisation de ces objectifs.** Alors, l'utilisateur doit être en mesure d'évaluer l'environnement et les outils numériques qu'il utilise.

Hypothèse 3:
À un certain moment, le numérique ne sera plus une option dans la vie quotidienne (Joutard, 2013). **Nous devons suivre son évolution afin de pouvoir l'utiliser correctement. Par conséquent, l'environnement dans lequel il est utilisé nécessite des compétences, et celles-ci garantiront la continuité de son utilisation.** Comment approprier le numérique pour une utilisation évolutive et efficace pour le développement humain ?

0.3 Positionnement des travaux de recherche

Notre travail de recherche est la conception d'un environnement numérique pour l'apprentissage dans les petites classes et l'alphabétisation. Dans cette démarche de recherche, l'EIAH couvre les domaines de l'ergonomie, des sciences de l'information et de la communication, les sciences de l'éducation, l'informatique, la pédagogie, la didactique et la psychologie cognitive (Tchounikine, 2002). Dans cette première étape nous ne prenons pas en compte les problèmes pédagogiques, par exemple le fait d'indiquer à l'apprenant qu'il faut et comment utiliser le « HTML » pour une activité pédagogique. Nos travaux conçoivent un circuit d'application numérique afin d'avoir une application complète, mais spécifique à un objectif d'usage prédéfini. Ils sont construits à partir de compétences initiales à la fois en numérique et dans la spécificité de l'objectif d'usage de l'utilisateur. Nos travaux ne prennent absolument pas en compte les problèmes pédagogiques.

La complexité de ce travail implique une réflexion sur l'articulation (*Figure 0.1*) des domaines et des concepts qui interviennent dans la conduite de la recherche. L'Interface Homme Machine utilisée doit respecter les concepts d'évaluation pour que l'appropriation de la nouvelle application soit incontestable. L'IHM est la frontière d'interaction ou l'articulation entre l'humain et la machine et les études des concepts en jeu ou à considérer font partie de la discipline Informatique. Dans leur traité sur les *Environnements évolués et évaluations des IHM* publié chez Eyrolles, Christopher Kloski de l'Université de Valenciennes et ses collègues du CNRS ont utilisé les dimensions "utilité" et "utilisabilité" (Kolski et Grislin, 1995) dans l'étude de cette interface dans les systèmes d'information. L'utilité et l'utilisabilité doivent être relativement en cohérence avec les compétences pour l'objectif de l'utilisation et les compétences numériques de l'utilisateur.

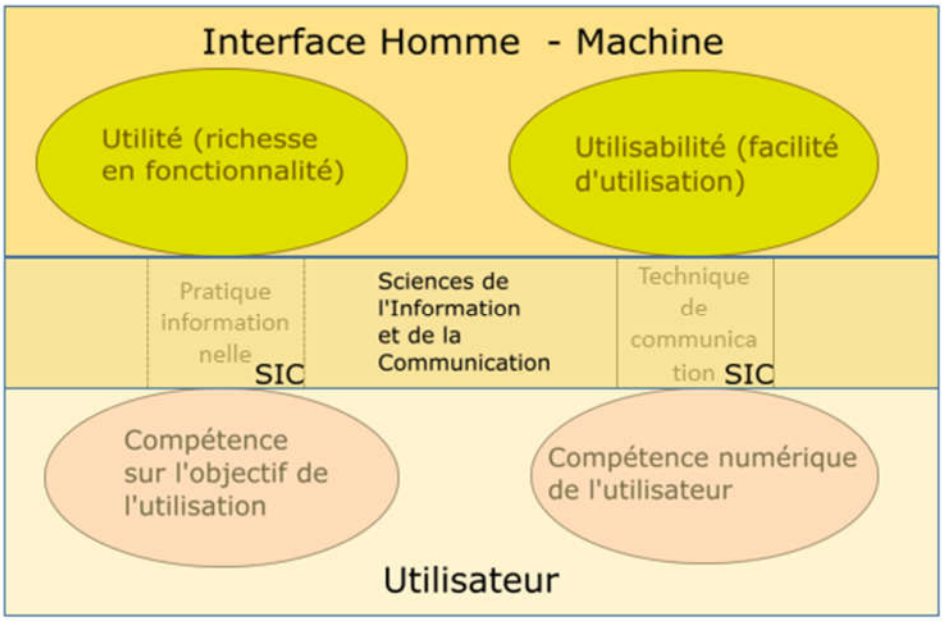


Figure 0.1Positionnement de la thèse

Les études sur les compétences à mobiliser de l'utilisateur reflètent les techniques de conceptions de l'IHM. Et ces techniques comme les concepts qui les sous-tendent, relèvent de la discipline Sciences de l'Information et de la Communication.

Nous nous appuyons dans notre travail de recherche et de conception sur les SIC pour les études théoriques de la transformation des concepts de compétences vers la représentation dans l'IHM et sur les concepts et techniques Génie logiciel pour générer une IHM évolutive vers la plasticité[5] (Serna et al., 2009).

Méthodologie

Nous avons adopté une démarche théorique centrée sur la pratique (*Figure 0.2*) pour tester nos différentes hypothèses. En général, notre recherche s'inscrit dans le domaine de recherche – action. Selon Gélinas et Brière (1985), « *la recherche-action est une approche à l'étude des phénomènes sociaux liés au changement, à partir de mise en acte dans des situations sociales concrètes, avec les acteurs concernés, d'où émerge un processus d'enrichissement, de développement, de réorientation des actions et des connaissances.* » Cette définition permet de mettre en évidence les caractéristiques principales de notre démarche :

[5] Plasticité IHM : IHM adaptée avec Web 3.0 (Serna, Pinel, & Calvary, 2009)

- Le pôle action (*Figure 0.2*) ou notre première intention était de comparer le poids de l'apprentissage traditionnel de la lecture en langue malgache et celui de l'apprentissage numérique : les résultats obtenus proviennent de projets de recherche menés en 2017 et 2018 avec la réalisation d'une enquête dont le but consistait notamment à distinguer les taux de satisfaction à l'usage de l'outil numérique et des exercices d'apprentissages sur papier.

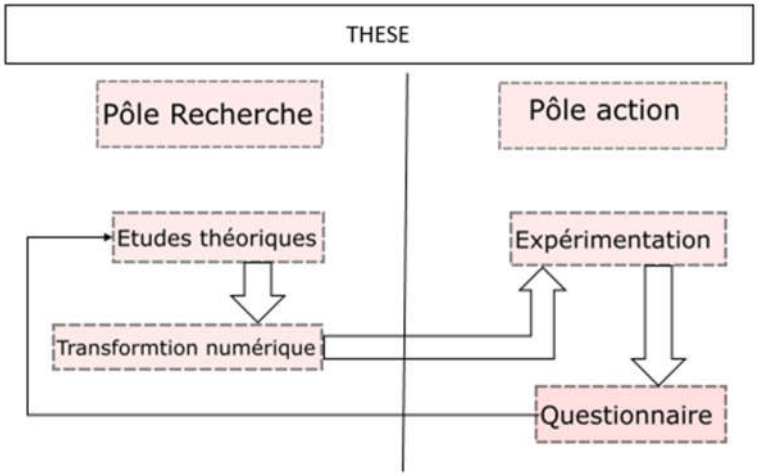


Figure 0.2 Étape méthodologie de la thèse

En général, le modèle de recherche-action que nous avons utilisé dans la présente recherche suit les étapes suivantes :

- Le pôle recherche (*Figure 0.2*) à la numérisation d'un support de l'apprentissage suit le questionnement suivant : quel type d'interface homme machine peut être adapté aux changements des comportements dans l'alphabétisation avec la pédagogie moderne ? comment se manifeste le changement ? Dans quelle mesure, il se fera avec une répercussion positive sur l'utilisateur ? Ce changement se répercutera sur une partie de la population qui a recours à la technologie. Le changement qui s'opère au niveau des personnes en situation d'alphabétisation, leur permet d'intégrer facilement la vie quotidienne, l'accès à l'enseignement secondaire et supérieur, puis le monde du travail. Pour cela, les études documentaires sur la recherche scientifique renseignent sur les apports spécifiques et sur le concept de la plateforme numérique.
- Les allers-retours entre théorisation et expérimentation donnent lieu à un plan de l'expérimentation sans cesse modifié pour être opérationnel : l'étude de cas concerne le niveau de base en éducation ou niveau primaire de l'enseignement en matière d'apprentissage de la lecture, de l'écriture et du calcul.

- L'engagement actif des apprenants, considérés comme des acteurs et sujets prenant une part effective à l'expérimentation, car ils sont demandeurs en matière de progression dans la lecture et l'écriture de la langue malgache, avec une finalité pour leurs perspectives futures.
- Mon équipe participant à l'expérimentation, et moi-même la coordonnatrice du projet, avons établi un cadre formel à l'expérimentation, où notre part subjective a continuellement bousculé les lignes pour améliorer le dispositif expérimental.
- De nécessaires ajustements dans la formation de l'équipe pour la prise en main du dispositif expérimental ont été profitables.

Pour répondre aux questionnements de la recherche pluridisciplinaire/multidisciplinaire[6] en numérique et éducation, et comme nous ne sommes pas spécialistes en éducation, notre démarche est basée sur le plan technique, notamment fournir un outil numérique disposant des caractéristiques adaptées à l'apprentissage de base.

0.4 Plan du manuscrit

Cette thèse est structurée en cinq parties. Notre point de départ est l'étude de la fracture numérique qui existe à Madagascar. Elle synthétise les existants et propose les besoins dans le futur de l'intégration du numérique dans le domaine de la formation. La deuxième partie correspond à l'état de l'art, des travaux scientifiques qui nous ont permis de construire notre recherche. Elle rappelle les travaux de recherche sur les processus de l'informatisation dans le domaine de l'apprentissage humain. Nous commençons par la synthèse des travaux de recherche sur la « didactique computationnelle » mathématique de Balacheff (1994) qui correspond à la compréhension du contexte d'usage du numérique pour un objectif prédéfini ou quelconque. Puis nous présenterons les propos de l'« environnement informatique pour l'apprentissage humain » (Tchounikine, 2009) pour une vue globale de son développement. Avant de conclure cette partie, nous présenterons les processus de l'informatisation (Ferry, 2008). Cette partie est suivie par la présentation des modalités des ressources d'information à l'ère du numérique avec les options de conceptions (Tim, 2005). Ces études nous fournissent les prémisses à notre cadre théorique sur les environnements informatiques pour l'apprentissage humain.

[6] **Pluridisciplinaire** : explication d'un phénomène appartenant à une discipline avec des théories et des méthodes d'une autre discipline, par exemple l'économie de l'éducation.
Multidisciplinaire : juxtaposition sur le même objet de différents paradigmes de recherche, chacun gardant son propre langage.

À l'issue des études de la deuxième partie, la troisième partie expose notre contribution dans ces travaux de recherche. Il s'agit la taxonomie des compétences de base en numérique (Razanakolona, et al., 2022). Ce résultat nous a permis de proposer des types d'interface homme machine pour la médiation pédagogique numérique (Razanakolona, et al., 2022) centrée sur l'utilisateur en début d'alphabétisation. Les études (Booch et al., 1999) minutieusement menées sur les activités pédagogiques prescrivent les concepts et les paramètres nécessaires pour définir les caractéristiques des outils numériques pour une communication en apprentissage de base. L'abstraction de ces concepts promeut différents types d'IHM de perception, de familiarisation, de pratique et de collaboration correspondant à la compétence de l'utilisateur. Le recours aux techniques de l'intelligence artificielle intervient durant les études réalisées (Ballachef, 1994). Après les études des concepts personnalisés (Kolski, 1996), nous déroulons les principes du basculement du manuel physique vers un manuel numérique (αβGasy@mobile).

Nous justifions notre proposition dans la quatrième partie, l'étude de cas par les expérimentations à travers l'application « αβGasy@mobile ». Durant la thèse, deux types d'expérimentations ont été organisés pour des échantillonnages différents. Le support utilisé a différencié ces deux expériences. Il s'agit d'une part de l'ordinateur de bureau et, d'autre part du smartphone. Les résultats ont été comparés avec l'utilisation en présentielle par des outils métriques scientifiques et d'évaluation.

Nous terminons ce document par notre cinquième partie la conclusion et les perspectives de recherche.

Partie I Champ de la problématique

Le numérique est un phénomène sans précédent dans les pays en développement comme Madagascar même si l'infrastructure présente différents défis à relever pour être opérationnel. Le numérique est un outil puissant de la mondialisation de l'information. Il est omniprésent dès l'arrivée des téléphones mobiles. Cela a incité les bailleurs de fonds à investir dans des projets de numérisation pour promouvoir la bonne gouvernance. Dans cette partie, pour bien poser notre suggestion de solutions deux problèmes liés à l'usage du numérique seront développés : l'étude de l'existant en général et l'analyse des besoins dans l'intégration du numérique dès le niveau de base à Madagascar.

Nous avons trois sujets cruciaux à développer, à commencer par la politique générale de l'État par rapport au numérique. Ensuite les impacts du numérique à Madagascar. Et l'étude de l'analyse des besoins pour terminer cette partie.

Chapitre I. Politique publique du numérique à Madagascar

Avec le Ministère du Développement Numérique, de la Transformation Digitale, des Postes et des Télécommunications ou MNDPT, le pays a lancé le projet présidentiel de la digitalisation « e-gouvernance » en 2019 qui est remplacé par « Projet de Gouvernance Digitale et de Gestion de l'identité Malagasy » ou « PRODIGY » en 2020. C'est un projet supporté par la Banque Mondiale et d'envergure nationale ayant comme objectifs l'accroissement d'un accès inclusif à l'identité légale pour tous les citoyens malgaches et l'amélioration de l'accès et de la qualité des services publics clés (Présidence, 2019). La réalisation de ces objectifs a mobilisé 13 réformes au niveau des différents ministères de la République de Madagascar. Il s'agit de réaliser l'interopérabilité des plateformes et les données des différents services des multiples directions à haute responsabilité. Techniquement, le projet déploie l'application X-ROAD pour une bonne gouvernance basée sur la numérisation. C'est un écosystème constitué par des services centralisés ou « CS », des serveurs sécurisés ou « SS », des systèmes d'information ou « IS », une time-stamping authority ou « TSA » et une "certification authority" ou « CA ». Ces services sont sur un environnement numérique utilisant l'Internet. C'est dans ce cadre qu'une fonctionnalité comme la digitalisation des bourses universitaires a été lancée en 2021.

Avant la réalisation de ce projet PRODIGY, les vitrines numériques et le téléphone de village appelé "village phone" sont des projets réalisés par le MNDPT en 2016. Les vitrines numériques concernent le développement des filières des Télécommunications et de l'informatique des Universités (qui inclut aussi quelques Lycées). Le téléphone de village facilite et développe les accès aux services de télécommunication et aux TIC dans les zones rurales. Il y a aussi le projet présidentiel « VOHIKALA » qui a promu et a vulgarisé les TIC dans les zones enclavées ou non desservies par les TIC dans les différentes régions de Madagascar (Andriamarosata, 2017). En partenariat avec l'opérateur de téléphonie mobile et Internet AIRTEL, le village phone offre des services de communication par la mise à la disposition d'entrepreneurs locaux de kits composés d'une antenne spéciale servant à amplifier le réseau, d'un téléphone, d'un chargeur solaire ou batterie et des accessoires. Un kit est un point d'accès public par système GSM.

L'envoi ou la réception des requêtes nécessitent un environnement numérique adéquat aux contextes des objectifs et des utilisateurs. Qu'en est-il de l'infrastructure numérique à Madagascar ?

I.1 L'infrastructure numérique à Madagascar

Le Nord de Madagascar est relié au monde entier par câble « Lower Indian Ocean Network » ou LION (1800km) de 1.3 terabits/s, le Sud par « Eastern Africa Submarin System » ou EASSY (10 500km) de 1.4 terabits/s de capacité de transmission (Telma, 2017). Ces investissements ont assuré la croissance de la couverture nationale et le raccordement de Madagascar aux infrastructures technologiques internationales. La couverture 3G[7] au niveau mairie atteint 65% en 2021 tandis que 29% pour 4G[8] , plus performant que celui de 3G, sur la même année (Tableau I.1).

Région	Nombre total de Communes	3G		Région	Nombre total de Communes	4G	
		Nombre de Communes couvertes	%			Nombre de Communes couvertes	%
ANALAMANGA	140	133	95%	ANALAMANGA	140	104	74%
ITASY	53	49	92%	ITASY	53	13	25%
SAVA	86	79	92%	SAVA	86	41	48%
DIANA	66	60	91%	DIANA	66	43	65%
BOENY	46	37	80%	BOENY	46	14	30%
VAKINAKARATRA	90	72	80%	VAKINAKARATRA	90	32	36%
ATSINANANA	91	69	76%	ATSINANANA	91	20	22%
ALAOTRA MANGORO	87	65	75%	ALAOTRA MANGORO	87	31	36%
BONGOLAVA	30	22	73%	BONGOLAVA	30	6	20%
FITOVINANY	86	59	69%	FITOVINANY	86	14	16%
MATSIATRA AMBONY	91	61	67%	MATSIATRA AMBONY	91	28	31%
IHOROMBE	31	19	61%	IHOROBE	31	17	55%
ANALONJOROFO	71	48	68%	ANALONJOROFO	71	23	32%
AMORORON'IMANIA	61	35	57%	AMORORON'IMANIA	61	18	30%
ATSIMO ATSINANANA	98	55	56%	ATSIMO ATSINANANA	98	8	8%
BETSIBOKO	39	22	56%	BETSIBOKO	39	5	13%
SOFIA	120	61	51%	SOFIA	120	25	21%
ATSIMO ANDREFANA	121	57	47%	ATSIMO ANDREFANA	121	13	11%
MENABE	56	24	43%	MENABE	56	7	13%
VATOVAVY	64	25	39%	VATOVAVY	64	9	14%
ANOSY	69	24	35%	ANOSY	69	10	14%
ANDROY	58	18	31%	ANDROY	58	4	7%
MELAKY	41	12	29%	MELAKY	41	2	5%
Total	**1695**	**1107**	**65%**	**Total**	**1695**	**487**	**29%**

Tableau I.1 Couverture 3G et 4G par région en 2021 (Artec, 2022)

[7] Troisième génération de réseaux de mobiles. Elle s'appuie au réseau d'accès CDMA, UMTS, EDGE (Code Division multiple Access, Universal Mobile Telecommunications System, Enhanced Data Rates for GSM Evolution).

[8] Quatrième génération de réseaux de mobiles. Elle s'appuie au réseau d'accès LTE (Long Term Evolution).

Trois régions sur les 21 sont couvertes à plus de 50% du 4G qui sont Diana, Analamanga et Ihorombe ; neuf régions sont entre 5% à 16% et les onze restantes sont couvertes entre 20% à 48%. Tant que la diffusion d'Internet n'est pas largement étendue dans toutes les catégories de la population, la fracture numérique en infrastructure n'a pas disparu (Valenduc, 2012). Ainsi, le Tableau I.1 témoigne de la fracture numérique en infrastructure dans le pays. Les infrastructures numériques, comme les antennes-relais de téléphonie mobile 2G à 4G sont de plus en plus proches des villes rurales. Leur installation coïncide avec le développement du commerce : les produits chinois se déploient aux zones les plus reculées.

L'utilisation des TIC nécessite la disponibilité en matière énergétique. Le développement des TIC se trouve ainsi corrélé à l'énergie. À Madagascar, la principale source d'énergie utilisée par les ménages et les entreprises est l'électricité. Force est de constater que les pays connaissent des difficultés en matière d'accès à l'électricité. En 10 ans, le taux d'accès de la population à l'électricité n'a pas connu de grande amélioration. Passant de 16,4% en 2008 à 23% en 2016, la proportion de la population ayant accès à l'électricité reste encore faible à Madagascar (ARTEC, 2018).

En 2019, plus de 10 000kms de fibre optique « FO » ont été installés (Telma, Corporate review, 2019). Le rapport d'activité de l'ARTEC en 2022 présente le déploiement des infrastructures Internet par technologie et le nombre des abonnés relatifs à ces infrastructures (Tableau I.*2*). La technologie FO a un effet ricochet sur le nombre d'abonnés tandis que les autres types technologies se rétrécissent peu à peu. La stratégie de migration des abonnés XDSL et RTC/DMA vers la fibre optique explique en partie la diminution d'usage de ces deux types de technologies.

Nombre d'abonnés Internet par technologie	Année				Variation 20-21
	2018	2019	2020	2021	
FO	8 860	14 479	18 575	20 504	10,38%
BLR	12 112	11 552	10 235	9 382	-8,33%
XDSL	5 592	2 706	757	322	-57,46%
RTC/CDMA	280	172	0	0	
WiMAX	184	164	145	125	-13,79%
VSAT	46	22	8	8	0,00%
LL	18	18	18	17	-5,56%
Total Abonnés Internet Fixe	**27 092**	**29 113**	**29 738**	**30 358**	**2,08%**

Tableau I.2 Nombre des abonnées Internet Fixe par type Technologie (Artec, 2022)

FO[9], BLR[10], XDSL[11], RTC/CDMA[12], WiMAX[13], VSAT[14] et LL[15] sont les technologies pour les réseaux d'accès qui relient l'équipement terminal de l'internaute et le réseau de l'opérateur. Le choix de la technologie à utiliser dépend de l'infrastructure de proximité existante. Cette variation (Tableau I.2) témoigne qu'après quelques années, il n'y a que les technologies FO et LL pour le réseau d'accès à Madagascar. Les opérateurs auront la possibilité de diversifier les offres avec des coûts plus modestes.

Les problèmes d'accès à l'électrification et la couverture nationale n'empêchent pas la réalisation du programme PRODIGY dans les zones urbaines. Nous espèrerons développer différentes stratégies d'accès aux réseaux à mettre en place pour accompagner le développement de ce projet présidentiel. Le pays s'engage avec les organismes internationaux promoteurs des électrifications rurales pour déployer l'e-gouvernance, par exemple avec l'énergie renouvelable. Les réformes sur l'efficacité de l'administration de l'état sont en effet l'ambition principale du PRODIGY.

I.2 Les plateformes numériques à Madagascar

Les études préalables sur la conception du PRODIGY donnent les valeurs statistiques sur la couverture NTIC à Madagascar en 2019 (Tableau I.*2*). La communication mobile se développe doucement même si le taux de pénétration de l'Internet est faible.

Dans les services publics, la réalisation du PRODIGY a recensé les plateformes suivantes qui sont opérationnelles dans certains ministères (Présidence, 2019):

- AUGURE ou Application Unique pour la Gestion Uniforme des Ressources humaines de l'État qui est gérée par le Ministère des Finances et du Budget et le Ministère de la Fonction publique. Elle est centralisée et hébergée au Ministère de la Fonction publique depuis 2020. L'Union Européenne a contribué à la dotation de 78 postes de travail complets destinés aux ministères employeurs et aux services décentralisés et de 4 serveurs redondants destinés aux sites centraux.

[9] Fibre Optique
[10] Boucle Local Radio
[11] x permet de différencier les catégories de modems DSL (Digital Subscriber Line)
12 Réseau Téléphonique Commuté / Code Division Multiple Access
13 World wide Interoperability for Microwave Access
14 Very Small Aperture Terminal
15 Logical Link

- SAFI ou Système d'Administration Fiscale Intégrée qui est géré par la Direction Générale des impôts.

Dans le cadre de l'enseignement, France Universitaire Francophone Numérique ou FUN[16] est le diffuseur (Oliveri, 2021) des cours en ligne des établissements d'enseignement supérieur français et de leurs partenaires. Il opère avec différentes plateformes de diffusion, dont la plus connue, FUN Massive Online Open Courses ou MOOC, est la première plateforme académique francophone mondiale. Autre que FUN et OpenClassroom (France), Gruson-Daniel et ces équipes ont trouvé six acteurs différents de plusieurs plateformes MOOC : Iversity (Allemagne), FutureLearn (Royaume-Uni), Coursera, EdX, ECO[17] et EMMA[18] (projets européens) (Gruson et al., 2019). Le cas pratique à Madagascar est le Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment ou MOODLE (Tableau I.3) qui est une plateforme d'apprentissage en ligne (en anglais : Learning Management System ou LMS) sous licence libre servant à créer des communautés s'instruisant autour de contenus et d'activités pédagogiques (Rakotomalala M. , 2018). Les universités utilisent le MOODLE personnalisé à la présentation de chaque département.

MOODLE a été conçu pour favoriser un cadre de formation socioconstructiviste et intègre des outils et des activités d'apprentissage orientés sur les communications synchrones et asynchrones. Les informations sur le cours, les supports de cours et autres ressources pédagogiques des différents cours qui peuvent être sous forme de module sont disponibles sur cette plateforme (Rakotomalala M. , 2018). Même si MOODLE est à Open Source, le nombre d'accès volumineux a un impact sur la fluidité de son fonctionnement, qui n'est pas le cas pour le MOOC (Stain et Boussarghini, 2016).

MOOC est une nouvelle forme d'apprentissage à court terme. Elle s'appuie sur des activités individuelles, des évaluations automatisées et par les pairs des productions individuelles. Dans ce cas, elle intègre des outils numériques qui permettent d'assurer la transmission du contenu du cours et son bon déroulement et d'accompagner les participants afin qu'ils aient le sentiment d'être suivis par une équipe pédagogique et d'appartenir à une communauté d'apprenants (Cisel, 2015). Cette plateforme a comme fonction

[16] https://www.fun-mooc.fr/fr/a-propos/ consulté le 27 novembre 2022
[17] Elearning Communication Open-Data
[18] European Multiple MOOC Agregator

l'accompagnement pédagogique des étudiants pour un taux de réussite optimal (Rakotomalala M. , 2018).

EMAEVAL ou Environnement MAlléable pour l'EVALuation est une plateforme dédiée à l'évaluation, la validation et la certification des compétences de tous les C2i (Heutte et Julie, 2011).

Tableau I.3 Synthèse des plateformes à Distance à Madagascar *(Rakotomalala M. , 2018)*

Université	**Département**	**Plateforme**
Université Antananarivo	Faculté de médecine	MOODLE et Web-conférence
	IST-Tana	MOODLE
	DEGS	Plateforme fait maison, et regroupement présentiel
Université Antsiranana	RPN	MOODLE (MOOC)
Université de Fianarantsoa	ENI	MOODLE et EMAEVAL
	EMIT	MOODLE
	ENS	MOODLE
	Gestion	MOODLE
Université de Toliara et CRAC	Faculté de droit, économie et gestion	Courriels et CD
U Toliara et belge	IHSM	www.madaecotourismemarin.be
Université de Toamasina et Mahajanga	Anthropologie et sociale	Anthropomada.com ; CD-Rom
UPRIM et CNTEMAD		CD ou flash, MOODLE
ESUM, ASJA		MOODLE

Six universités publiques sur sept cités dans le Tableau *I.3* utilisent la plateforme MOODLE. On peut conclure que cette plateforme reste encore accessible pour son usage dans le cadre de l'enseignement supérieur à Madagascar. Quelques formations ouvertes et à distance offertes par IST-Tana et IST-Antsiranana ont leur propre plateforme d'apprentissage. Les institutions ont reçu des financements de l'AUF pour le développement de cette plateforme.

Récemment, en collaboration avec une organisation à but non lucratif américain appelée, « Thinking Huts », une imprimante 3D a été installée à l'École de Management et d'Innovation Technologie ou EMIT de l'Université de Fianarantsoa en juin 2022.

L'impression ou la construction avec le robot COBOD BOD 2 de la maison 3D (Figure I.1) a durée 12 semaines pour une salle de formation à moins de 50 étudiants.



Figure I.1 Maison 3D – EMIT

Au niveau supérieur, la réforme de Bologne a été acceptée par les universités depuis l'année universitaire 2012. Ce processus de Bologne est né dans le but de développer l'attractivité et la compétitivité de l'enseignement supérieur au niveau international en utilisant les technologies de l'information et de la communication. En partenariat avec l'opérateur Telma, le processus de Bologne a promu l'installation des universités de proximité dans les 23 régions de Madagascar. Les résultats de l'usage du numérique dans les domaines de l'enseignement de base et du supérieur restent encore globalement insatisfaisants, mais des progrès réguliers sont réalisés.

Au niveau lycée, collège et école primaire publique

À l'ère du numérique, le ministère de l'éducation de base a commencé l'intégration du numérique au niveau primaire en offrant le tableau numérique interactif « Sankoré » pour 26

écoles primaires de la capitale du pays en 2014[19]. Dans l'objectif du projet « sur la qualité de l'éducation pour tous », la troisième édition de l'éducation numérique a été lancée en partenariat avec la fondation Orange Solidarité Madagascar « OSM » en 2016. Dans ce cadre de projet, le CEG Antanimbarinandriana et le CEG Anosibe ont reçu les kits numériques en décembre 2020[20]. Depuis 2014, 6000 tablettes ont été remises à 158 écoles réparties dans les 22 régions de Madagascar. Le kit[21] comprend un mini serveur, Raspberry Pi, de contenu éducatif connecté à 50 tablettes. OSM fournit ce mini serveur et des tablettes à chaque école. Les enfants les utilisent pour accéder instantanément à des centaines de contenus essentiels. L'élaboration de ces contenus est en collaboration avec le MEN. C'est un chantier immense : nous assistons à un début des travaux au niveau primaire. Les échanges avec les responsables des lycées, collèges et scolaires se résument à l'omission des plateformes d'apprentissage à ces niveaux d'enseignements.

Par ailleurs, depuis 2004, le programme d'Éducation à Madagascar « EDUCMAD[22] » met à la disposition des enseignants et les élèves les Ressources Educatives Numériques pour l'enseignement des Sciences Mathématiques, Sciences physiques, Science et Vie de la Terre au niveau lycée. Elle est accessible via la plateforme « Mediatheque.accesmad.org/educmad/ ». Ce programme est présent dans 14 régions sur les 23 régions de Madagascar. Pourtant, nombreux de ces enseignants ne connaissent pas l'existence de cette plateforme (Rakotomalala et al., 2021).

[19] https://www.education.gov.mg/second-comite-de-pilotage-du-programme-de-classes-numeriques-a-madagascar-dispositif-sankore/ consulté le 20 septembre 2020

[20] https://www.education.gov.mg/ecole-numerique-lancement-officiel-de-kits-numeriques-pour-les-etablissements-pour-cette-annee-scolaire-2020-2021/ consulté le 05 décembre 2022

[21] https://www.fondationorange.com/Le-programme-Ecoles-Numeriques-agir-pour-l-education-des-plus-demunis consulté le 05 décembre 2022

[22] Accessible via les versions mobile et web.

Chapitre II. Les impacts des numériques à Madagascar

II.1 Une forte croissance de l'utilisation

Madagascar dispose actuellement de trois opérateurs mobiles et la couverture du réseau informatique se développe progressivement à travers le territoire et réduit les disparités entre zones urbaines et rurales. Facebook a promu les ventes en ligne, mais le développement du commerce en ligne se restreint à cause du problème de la sécurité des serveurs à Madagascar. En 2019, ARTEC a publié dans son rapport annuel que le taux de pénétration de la téléphonie mobile est à 45.63% (contre 38.42% en 2018). Sur les 82% de couverture téléphonique, 21% sont en 4G, et 61% en 3G.(ARTEC, 2019). En 2017, 80% de la population est couverte par le réseau mobile TELMA et 3 Millions sont abonnées à l'Internet. 1 client Telma sur 2 se connecte sur Internet via son mobile et 1 client sur 3 utilise les services financiers sur mobile (MVola). Dans cette même période, la moitié des terminaux vendus par TELMA donnaient accès au Haut Débit Mobile (3G/4G). Les 50% des sites sont installés dans les zones rurales et 2 sites sur 3 ont un accès en Très Haut Débit (3G/4G) (Telma, 2018). Le rapport annuel, sur l'ensemble de l'activité des opérateurs Orange, TELMA, AIRTEL et Bip, de l'ARTEC ou Autorité de Régulation des Technologies de la Communication pour l'année 2021 démontre l'intérêt croissant des internautes mobiles et fixe à Madagascar (Figure II.1)

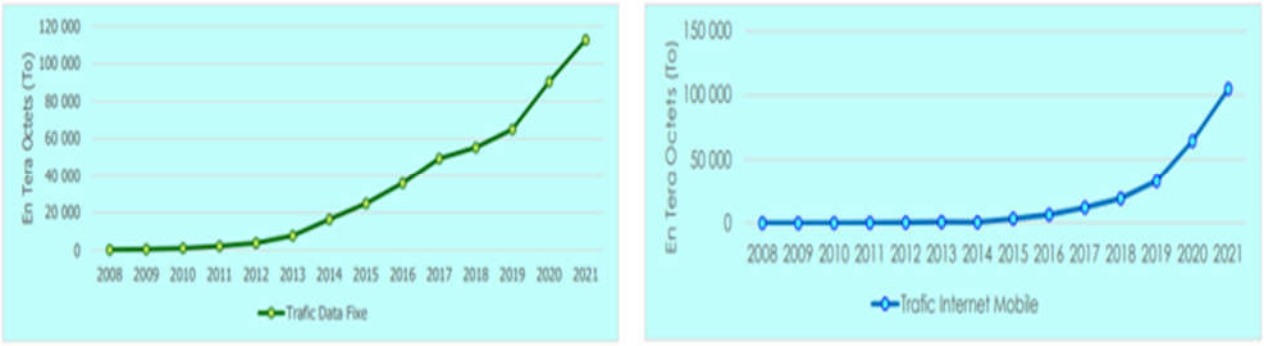


Figure II.1: Volume du trafic Data fixe et mobile à Madagascar 2008-2021 *(ARTEC, Rapport d'activité 2021, 2022)*

Ces évolutions d'usage en chiffre sont, avec les tarifs appliqués très élevés, ce qui nuit à la compétitivité des produits et des services locaux. Le prix d'un mois d'Internet équivaut aujourd'hui à un mois de salaire moyen (CNUCED, 2018). Le développement de l'usage du préfixe « e » (e-business, e-santé, e-learning, …) atteste au-delà de son impact marketing de

la mutation de nombreux processus de production et des relations entre acteurs de ces processus.

II.2 La situation numérique dans le système éducatif malgache

L'Agence Universitaire de la Francophonie au sein du Bureau Océan Indien ou AUF-BOI a contribué au déploiement du numérique dans le monde de l'enseignement supérieur à Madagascar. L'AUF est une association des universités partiellement ou entièrement de langue française fondée à Montréal en 1961. L'AUF-BOI est installé à Antananarivo en 1991. Elle couvre les Comores, Madagascar, Maurice, La Réunion, les Seychelles et Djibouti (Giorgi, 2007). Le soutien des TIC au développement de l'enseignement supérieur et de la recherche est une des missions principales de l'AUF-BOI. Ce dispositif mène ses expertises en TIC dans les établissements de l'enseignement supérieur membre de l'AUF et contribue aussi, non seulement à la formation continue, mais aussi aux dotations en matériels et en livres informatiques. C'est grâce à ce dispositif que l'université d'Antananarivo et Antsiranana a pu mettre en place une plateforme de formation à distance ou « FOAD » adapté à leur environnement informatique pour l'apprentissage humain. Par ailleurs, l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) a mis en place à Madagascar les campus numériques pour faciliter l'accès des étudiants, chercheurs, enseignants et professionnels aux informations scientifiques et techniques et ainsi que la promotion de la formation à distance (RNDH, 2006).

Depuis sa naissance en 1983, l'École Nationale d'Informatique est un dispositif clef pour développer les innovations numériques dans le pays. 20 ans après, elle est reconnue comme la pépinière des élites malgaches en informatique. C'est une école professionnelle pour l'informatisation et experte dans le développement du « Génie logiciel ». Depuis son existence, les entreprises installées à Madagascar ainsi que les services publics introduisent l'environnement numérique dans leur espace de travail. La prestation en service informatique, cyber, par exemple, a connu une prolifération d'installations dans le pays. Le Département universitaire « Mathématique, Informatique, Sciences, Appliquées » ou « MISA », qui forme aux compétences en Informatique et en réseaux internet, et « Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar » ou « ISPM » sont autres établissements complémentaires de l'ENI pour former plus de spécialistes en Informatique. À présent, Madagascar possède 50 établissements qui offrent la formation en informatique et qui pourront accueillir les personnes actives intéressées par le développement numérique.

En 2006, les TIC sont utilisées dans le monde avec beaucoup d'innovations et d'applications servant à l'amélioration de l'accès des enfants, des jeunes et des adultes au savoir et à des capacités professionnelles. En 2006, 18% des écoles sont équipées d'ordinateurs et le ratio élèves/ordinateur est de 828 au niveau national, 4% des établissements d'enseignement ont utilisé les ordinateurs, 2% des établissements scolaires ont eu de l'Internet surtout pour des besoins administratifs, alors que la formation à distance commence à se développer à cette époque.

L'Éducation au Développement Durable (EDD) dans l'île a été approuvée par l'UNESCO en 2011. L'utilisation des médias et autres sources d'information (numérique, site web, magazine, centre multimédia et autres) a été la stratégie développée dans ce projet. On a pu constater que les apports des TIC à l'éducation au développement durable hors et dans l'école à Madagascar ont reposé sur la production de commentaires à des documents existants, sur la création des documents et sur l'initiation de débats sur le sujet. Ces débats ont proposé de promouvoir la production de TIC adaptées à l'EDD et à la réalité malgache, aux besoins des apprenants et des enseignants, pour renforcer le contrat didactique et pour contribuer au vrai « développement humain » d'une manière durable (Razafimbelo et Ramanitra, 2014). L'usage qui se limite autour des documentations ne permet pas l'exploitation des TIC dans le domaine de l'éducation. Cet usage qui est encore embryonnaire est le résultat de la pauvreté ainsi que la fracture numérique dans le contexte de l'éducation.

Le projet IFADEM ou Initiative Francophone pour la Formation à Distance des Maîtres a bénéficié à 436 instituteurs et 22 tuteurs dans la région d'Amoron'i Mania en autoformation via le téléphone portable. Ils ont eu le privilège de renforcer leur langue d'enseignement du français à travers les ressources audio et livrets de formation (Ramanampiarivola, 2018)

Les études supérieures sur les TIC ne cessent de se développer depuis les dix dernières années.

Apprendre l'usage du logiciel bureautique (Tableau *II.1*) est maintenant intégré progressivement au niveau collège. Pendant la période de la pandémie, le réseau social Facebook est devenu un outil de communication entre l'école et les élèves. À présent, il est un outil de communication entre les étudiants et les universités.

Tableau II.1 Les outils numériques de communication populaire

	Payants	**Libre**	**observation**
Les formations à distance au niveau supérieur	FOAD-AUF, moodle privé, e-tady,	MOOC-AUF, moodle public,	Les diplômes de la plateforme libre ne sont pas encore reconnus par le ministère de la fonction publique
Outils en ligne pour les documentations	Madaboky (e-boky), Unizis, Médiathèque,	Facebook, Tutorat, youtube,	Taux d'utilisation signifiant pendant la pandémie
Les outils numériques utilisés au niveau collège	Ms-office pour apprendre les minimums sur la bureautique	Facebook, sms,	

Ainsi, en 2017, l'Université Numérique de Madagascar (UnUM), iRENALA et REL sont les projets du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, orientés vers la conception de dispositifs numériques pour accompagner la réforme du LMD. L'iRENALA est opérationnel depuis 2012 et les deux autres sont en cours de réalisation (MESUPRES, 2017).

Dernièrement, plus de 500 enseignants des lycées publics ont suivi une formation de professionnalisation de l'enseignement à l'aide d'un dispositif hybride de formation. La contribution à la qualification des enseignants du post fondamental est l'objectif du programme de cette formation. Grâce au partenariat avec Orange Madagascar, l'autoformation à distance se déroule sur une plateforme de formation dédiée après une formation présentielle. Ce programme de formation est en partenariat par le programme Erasmus de l'Union Européenne et coordonné par l'AUF-BOI. Les provinces d'Antsiranana, Antananarivo, Fianarantsoa et Toliara ont bénéficié du programme PERFORM (ou Professionnalisation des Enseignants et Renforcement de Capacités des FORmateurs à Madagascar) à travers les écoles normales supérieures (ENS) de Madagascar.

Ressources pédagogiques (par niveau):

Nous avons interviewé le responsable documentaliste au Centre d'Information et Documents Scientifiques et Techniques ou CIDST à Antananarivo et Centre d'Enseignement de Document et Information ou CEDI dans les provinces qui sont des centres documentaires publics. Depuis 2003, ils ont utilisé CDS/ISIS (WINISIS) pour gérer l'indexation des documents. Grâce au partenariat avec les centres de documentation à l'extérieur, le CIDST a

différents accès en ligne avec les centres d'informations publics et privés. Par contre, certains CEDI restent encore sur l'usage local et ne peuvent pas fournir des informations à temps comme celui à Fianarantsoa ou celui de l'Alliance française à Fianarantsoa.

Nous avons interviewé quelques établissements d'enseignement à propos de l'intégration/appropriation du numérique dans le cadre de leur travail comme l'Alliance française, DRENETP Haute Matsiatra, CEDI. Ils utilisent des ordinateurs de bureau et la plupart du temps non connectés à Internet. Ces ordinateurs sont utilisés pour les travaux bureautiques. L'Alliance française dispose toutefois d'une connexion Internet permanente même si elle sert surtout dans le cadre de son travail administratif financier centralisé à Antananarivo.

En 2021, l'UNESCO a financé cinq programmes d'informatisation dans le domaine de l'éducation. Cela concerne la mise en place d'une bibliothèque virtuelle au sein de la COM NAT UNESCO et le concours de conception de ressources éducatives libres (REL) de la Direction du Système d'Information auprès du Ministère de l'Éducation Nationale.

Pour étudier la nouvelle modalité d'apprentissage, Laroussi a synthétisé (Tableau II.*2*) les avantages et les inconvénients de la technologie numérique.

Tableau II.2 Impact du numérique *(Laroussi, 2011)*

Technologie	**Avantages**	**Inconvénients**
Ressources libres	Accessibilité et disponibilité des informations	Parfois inappropriées au cursus
Accès ubiquitaire	La technologie comme outil fondamental pour l'apprentissage	Renforce la fracture numérique
Plusieurs canaux de communication	Flux d'information instantané	Les conditions de l'infrastructure pour la fluidité de la connexion
Outils libres	Adaptativité	Les institutions ne suivent pas les acquis des apprenants.
Distribution instantanée et multiple	L'information est déclinée sous plusieurs formes afin de répondre aux différents besoins	Pas de centralisation de l'information
Contenu généré par l'apprenant	Variété de contribution individuelle	La qualité et la cohérence des cours ne sont pas garanties

Technologie	Avantages	Inconvénients
Profil social	Connaissance partagée	Utilisation de l'information personnelle à d'autres buts

De son point de vue, les TIC fournissent quelques alternatives pour de nouvelles manières d'apprentissage et de pédagogie. L'environnement est en constant changement, les changements apparaissent plus rapidement et les modifications dans nos pratiques sont radicales. Ainsi, les implications de ces nouvelles technologies pour l'éducation sont profondes. L'utilisation de ces outils augmentera tous les jours, les systèmes classiques disparaîtront aux profits d'outils personnalisés.

Chapitre III. Analyse de l'existant à Madagascar

III.1 Usage des Technologies de l'Information et de la Communication

Au niveau politique, la réalisation du projet PRODIGY ou l'e-gouvernance est un paradigme transformationnel fondé sur les TIC pour l'administration et la gestion publique est bien établie et largement acceptée.

Dans le domaine de l'enseignement, différentes activités sont effectuées pour intégrer le numérique au titre de soutien à la réalisation des activités pédagogiques. Ainsi, la réforme du système LMD dans l'enseignement supérieur qui entraîne une politique plus volontariste en faveur des TIC a commencé en 2012. Des investissements dans l'infrastructure numérique ont été alloués, mais faute de mesures d'accompagnement pour la réalisation, l'impact du numérique sur la qualité de l'enseignement est contestable.

La gratuité de l'information, la facilité d'accès et la multiplicité des écrans ont transformé les pratiques d'information chez les jeunes (Mendome, 2016) qui utilisent massivement les réseaux sociaux.

Au préalable de l'utilisation, quelques organismes ont assuré la formation des enseignants et de la pédagogie active pour faciliter la diffusion des TNI. Ils étaient utilisés aux cinq niveaux de l'enseignement primaire et dans les trois disciplines, Sciences, français et mathématiques (Nationale, 2022). L'enseignement est bilingue (malgache et français) afin de soutenir la maîtrise des langues maternelles et la langue administrative. Le DTIC du MEN a organisé des séances de formation pour les enseignants des lycées qui ont été dotés de la tablette avant la diffusion de celle-ci.

Les implications de ces nouvelles technologies sur l'enseignement sont profondes. Les conséquences fortuites de l'utilisation et les abus du système arriveront. Le fossé numérique est toujours présent. Il aurait pu devenir plus étroit, mais il deviendra plus profond. Elle a démontré que de nouvelles compétences sont nécessaires, pour les apprenants, les enseignants, les administrateurs, etc. Ces compétences permettent de faire face au changement et au développement exponentiel de nouveaux outils.

En mesure d'accompagnement aux changements, AUF, AFD, Orange ont collaboré étroitement avec le MEN pour les différents projets de formations en numérique des enseignants ou investissement des matériels informatiques comme un appui à l'apprentissage.

Le projet en cours « Professionnalisation des Enseignants et Renforcement des Capacités des Formateurs à Madagascar », ou PERFORM contribue à la qualification des enseignants du post fondamental (général et technique) à travers un dispositif hybride de formation.

III.2 Analyse des besoins

La confusion entre les demandes et les besoins paraît importante à souligner lors de l'analyse des besoins. La distinction entre les deux catégories permet la priorisation des solutions proposées. La demande en savoirs est assez superficielle de la part des apprenants tandis que de la part des enseignants, il y a une réelle conscience des besoins importants en matière de formation. Pour passer de l'expression spontanée des demandes à une prise de conscience des besoins qui pourraient raisonnablement être pris en charge, on prévoit généralement une phase d'accompagnement de la demande qui a pour but d'informer les personnes concernées par rapport à ce que pourra réellement leur apporter un dispositif de formation au niveau de base (premier apprentissage de la langue malgache) à distance. Pour créer cette prise de conscience, nous proposons une simulation du dispositif sur la base d'un jeu installé dans le téléphone et en ligne avec le téléphone portable grâce à ses différentes fonctionnalités.

La clarification du contexte d'usage est une étape nécessaire pour étudier les conditions dans lesquelles la formation sera suivie. Les infrastructures numériques existantes contribuent aux choix des variables pédagogiques inévitables à la réalisation de la formation. Il s'agit de la disponibilité des ressources, les lieux d'accès, les compétences des formateurs ou tuteurs, le coût et la fonctionnalité de l'outil.

Contexte du système éducatif à Madagascar

Depuis l'indépendance en 1960, le système éducatif malgache a vécu une vicissitude de ministères qui a marqué l'instabilité de la politique éducative du pays. La période 1975-1996 est marquée par deux événements essentiels. Le premier est la réforme pédagogique par l'introduction de l'approche par les compétences. Le second est la « malgachisation » de l'enseignement au niveau primaire et secondaire. Cette dernière visait à démocratiser l'accès à l'école. L'accessibilité à l'école a été développée par la construction de l'école primaire publique dans chaque village, un collège d'enseignement général dans chaque commune et un lycée dans chaque préfecture ou district. En 2008, la loi n°2008-011 portant modification de

certaines dispositions de la Loi n°2004-004 du 26 juillet 2004 portant orientation générale du Système d'Éducation, d'Enseignement et de Formation à Madagascar fait passer la durée de l'éducation fondamentale à 10 années, avec un premier cycle de 7 années sanctionné par un certificat et un second cycle de 3 années octroyant un brevet. L'enseignement secondaire dure 2 années, jusqu'au baccalauréat. Néanmoins, ces dispositions n'ont pas été complètement appliquées, ni sur tout le territoire ni dans la réalité : l'éducation formelle est restée sous le régime de 5 années en primaire pour les 6 ans et plus, de 4 années dans le secondaire pour les 11 ans et plus, et de 3 années au lycée pour les 15 ans et plus.

Tableau III.1: Nombre d'inscription par niveau pour l'année scolaire 2016-2017 (Rakotomalala et al., 2020)

Année scolaire	Nombre préscolaire inscrit		Nombre d'enfant inscrit à l'EPP		Nombre collégien inscrit		Nombre Lycéen inscrit	
2016-2017	Privé 231 197	Public 584 182	Privé 936 175	Public 4 068 304	Privé 457 057	Public 675 539	Privé 185 312	Public 117 741
Nombre établissement	3 916	13 889	7 235	25 118	3 248	2 453	1 197	436

Sur les 114 circonscriptions scolaires (CISCO) dans l'île, le Tableau *III.1* dénombre les inscriptions par niveau pour l'année scolaire 2016-2017 (Rakotomalala, et al. 2020).

Depuis 2001 jusqu'à 2015, 15% des enfants de 9 à 11 ans ne sont pas scolarisés. Le problème majeur est l'accès à l'école primaire plutôt que l'abandon scolaire qui est relativement rare. Le taux en cours d'alphabétisation est de 18% en 2018.

Contexte géographique

80% de la population malgache sont des citadins et résident dans des zones reculées. Ils rencontrent de multiples difficultés pour suivre l'éducation de base à l'école et moins de la moitié d'une classe atteint l'objectif de niveau à atteindre à la fin de l'année scolaire. De plus, les résultats nationaux du bilan du Certificat d'Études Primaires Elémentaires (ou CEPE) durant la dernière décennie sont moins satisfaisants. Le taux d'alphabétisation ne s'améliore pas et de nouvelles orientations devraient être formulées d'urgence.

À l'ère du numérique, le ministère de l'éducation de base a commencé l'intégration du numérique au niveau primaire en offrant le tableau numérique interactif « Sankoré » à 26 écoles primaires de la capitale du pays en 2014. Dans l'objectif du projet « sur la qualité de l'éducation pour tous », la troisième édition de l'éducation numérique a été lancée en partenariat avec la fondation "Orange solidarité" en 2016. C'est un chantier immense : nous assistons à un début des travaux au niveau primaire. Au niveau supérieur, la réforme de Bologne a été acceptée par les universités depuis l'année universitaire 2012. Ce processus de Bologne est né dans le but de développer l'attractivité et la compétitivité de l'enseignement supérieur au niveau international en utilisant les technologies de l'information et de la communication. En partenariat avec l'opérateur Telma, le principe de Bologne a promu l'installation des universités de proximité dans les 22 régions de Madagascar. Les résultats de l'usage du numérique dans les domaines de l'enseignement de base et du supérieur restent encore globalement insatisfaisants, mais des progrès réguliers sont réalisés.

Les infrastructures numériques, comme les antennes-relais de téléphonie mobile 2G à 4G sont de plus en plus proches des villes rurales. Leur installation coïncide avec le développement du commerce : les produits chinois se déploient aux zones les plus reculées.

Le manque de moyens pédagogiques :

La défaillance en infrastructure démotive les écoliers à suivre la formation jusqu'à la fin de l'année scolaire. Les salles de classe, les bancs pour les élèves, l'espace individuel, la distance parcourue pour rejoindre la classe n'incitent pas les écoliers à apprendre et à fréquenter l'école régulièrement.

L'insuffisance des maîtres dans les territoires enclavés et éloignés de la ville urbaine explique les causes des abandons au cours de l'année scolaire et les résultats insuffisants à la fin de l'année scolaire. Le nombre des maîtres formés par les Écoles normales ne couvre pas les besoins des écoles primaires.

Peu de ressources pédagogiques sont à la disposition des enseignants de l'enseignement primaire et secondaire (de base). Les contenus pédagogiques deviennent obsolètes au fil du temps. Par ailleurs, le langage d'enseignement est le français, que peu d'instituteurs maîtrisent, alors que l'explication est entièrement en langue maternelle. Cette méthode affecte la qualité de la transmission des connaissances.

Les lacunes de la politique éducative

La marginalisation des femmes dans l'accès à la formation de base. Différentes ethnies qui habitent dans les zones rurales interdisent aux femmes d'aller à l'école. On donne la priorité aux garçons pour suivre une formation et souvent les filles se trouvent sur la liste d'attente quand elles ont la chance d'être retenues. Parfois des problèmes familiaux ou des us et coutumes de la région expliquent ce manque de fréquentation scolaire, qui entraîne une stagnation du niveau de qualification des filles qui deviendront des femmes.

L'usage du numérique est peu développé dans le domaine de l'éducation─à Madagascar. Il concerne essentiellement le secteur économique. Les nouvelles pratiques d'innovation numérique apportées par internet ne sont toutefois plus un phénomène nouveau et s'intègrent petit à petit dans la vie courante des citoyens. Pour les zones isolées ou enclavées, les citoyens utilisent le téléphone mobile pour communiquer entre eux ou pour effectuer des transactions financières avec leur proche. Certes, avant de l'utiliser, l'usager a suivi des formations informelles ou non, sur la manipulation du téléphone et des services qu'il peut rendre : abonnements, achats, transfert d'argent… C'est le cas d'un usage simple du téléphone portable auprès des citoyens avec un niveau d'étude insuffisant. On peut résumer que le téléphone est utilisé pour un strict minimum de services. Pourtant les spécialistes ne cessent pas d'inventer différents services accessibles via le téléphone et offrent des maintenances tout au long de l'usage.

L'État a accepté l'intégration de l'innovation numérique, mais les mesures d'accompagnement ne sont pas à la hauteur des besoins existants. Le nombre des enseignants formés pour être compétents à utiliser les TIC[23] ne couvre pas les besoins en opérationnalisation des outils numériques auprès de leurs pairs, des étudiants et autres entités du corps enseignant.

Les efforts à faire en matière de développement des TIC au niveau de l'éducation sont considérables.

Inadéquation entre offres et besoins de formation :

Diverses formations sont offertes avec les dispositifs numériques : le**s** MOOC par exemple existent depuis 2012. Les fournisseurs de MOOC privilégient la langue du pays qui fait l'offre. Dès leur apparition, des centaines de compétences ont été proposées avec accès

[23] Technologies de l'Information et de la Communication.

libre, mais la plupart des Malgaches ne peuvent pas en profiter, car ils n'ont pas ou peu d'équipements informatiques. Outre les difficultés rencontrées de compréhension linguistique, l'adéquation entre besoins et types de MOOC est inadaptée à Madagascar. Toutefois, les pays en développement sont de plus en plus nombreux à suivre ce type de formation selon les études de l'OCDE[24].

.

[24] Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

Partie II : État de l'art

Explorer la liaison entre les outils informatiques et la discipline SIC dans la conception d'une application à une fin d'utilisation personnalisée est l'objectif de notre état de l'art. Autour de la transformation d'un environnement présentiel vers un environnement numérique pour un usage d'apprentissage humain, nous nous appuyons sur les études de la transposition informatique, l'environnement informatique, les processus d'informatisation et la médiation numérique. L'ensemble couvre l'étude théorique et pratique de la finalité de cette thèse.

Cette deuxième partie se divise en quatre chapitres. Le premier chapitre étudie les recherches en environnements informatiques. Il synthétise la conception évolutive d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain afin de rejoindre les concepts du processus d'informatisation dans le chapitre trois. Ce dernier propose les approches correspondantes à la conception des logiciels ou systèmes émergents.

Le deuxième chapitre explore les travaux de recherche sur la médiation en SIC afin d'établir la recommandation sur les caractéristiques de l'application en faveur des utilisateurs finaux pour que cette application soit interactive, cognitive et personnalisée.

Le troisième chapitre rebondit sur les processus d'informatisation permettant de développer les techniques d'appui aux concepts de l'application.

Le dernier chapitre « didactique computationnelle » de Nicolas Balacheff s'attache aux parties fondamentales lors de la transposition informatique d'une discipline. Nous nous appuyons sur ces concepts pour identifier les composants de base à la modélisation et à la conception d'une nouvelle application.

Chapitre IV. Contexte de l'environnement numérique de travail en apprentissage

L'apprentissage numérique introduit le processus d'apprentissages cognitifs en s'appuyant sur les outils numériques. MOODLE (cf I.2) est la plateforme d'apprentissage numérique la plus répandue depuis plus d'une dizaine d'années. Il est suivi par le MOOC (cf I.2) depuis 2012 (Cisèl, 2016).

À l'ère du numérique, l'Hypertexte, le Multimédia et l'Hypermédia se développent sur une page web. Avec ces outils, Il s'agit de développer un apprentissage direct ou autonome, à partir duquel l'apprenant est confronté au vecteur d'apprentissage avec un intermédiaire humain : le médiateur.

La théorie de l'apprentissage multimédia est basée sur trois hypothèses : La théorie du double codage, la théorie de la charge cognitive et le processus actif de l'apprentissage (Mayer, et al., 2003).

Avec les supports multimédias, les apprenants s'engagent dans trois processus cognitifs : de sélection, d'organisation et d'intégration de façon itérative.

Nous avons cité les outils numériques élémentaires qui peuvent constituer un environnement informatique pour l'apprentissage humain. L'utilisation de l'informatique pour l'apprentissage se développe sous le coup de différents facteurs inter-reliés comme la poussée technologique (Tchounikine, 2009). Pour mieux comprendre ce concept dans notre recherche, nous nous appuyons, dans le paragraphe suivant, aux travaux de recherche de Tchounikine pour le définir.

IV.1 L'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain de Tchounikine

« Au sens large, EIAH est un environnement qui intègre des agents humains (ex. élève ou enseignant) et artificiels (i.e., informatiques) et leur offre des conditions d'interactions, **localement** ou à travers **les réseaux informatiques**, ainsi que des conditions d'accès à des ressources formatives (humaines et/ou médiatisées) **locales** ou **distribuées** » (Tchounikine, 2002). Ainsi, la présence du « réseau informatique » a transformé les conditions d'apprentissage. L'apprentissage collaboratif et l'apprentissage en réseau sont devenus importants. De nouvelles formes de communication émergent au sein de la communauté de

l'enseignement : plateformes collaboratives, messagerie instantanée, etc. L'EIAH ne se contente pas seulement de la mise en relation des éléments qu'il constitue, mais s'intéresse aussi au mécanisme de fonctionnement de l'ensemble de ces éléments.

Pour Tchounikine, l'EIAH désigne tout environnement informatique conçu pour favoriser un apprentissage humain. Il est un domaine fortement pluridisciplinaire incluant : pédagogie, didactique, psychologie cognitive, sciences de l'éducation et informatique, l'ergonomie et sciences de l'information et de la communication. La conception des artéfacts[25] informatiques prenant en compte les objectifs et les contraintes liées à un apprentissage (Figure *IV.1*) peut être définie comme le travail de recherche en EIAH. La Figure *IV.1* composée d'un dispositif numérique utilisé par un apprenant pour atteindre son objectif forme un EIAH qui favorise la pratique de ce dispositif numérique en apprentissage. Le dispositif numérique est conçu et est développé en fonction de l'objectif d'usage qui doit être selon les besoins des différents types utilisateurs. L'Interface Homme-Machine est le seul moyen de présenter le dispositif numérique pour être utilisé par l'homme.

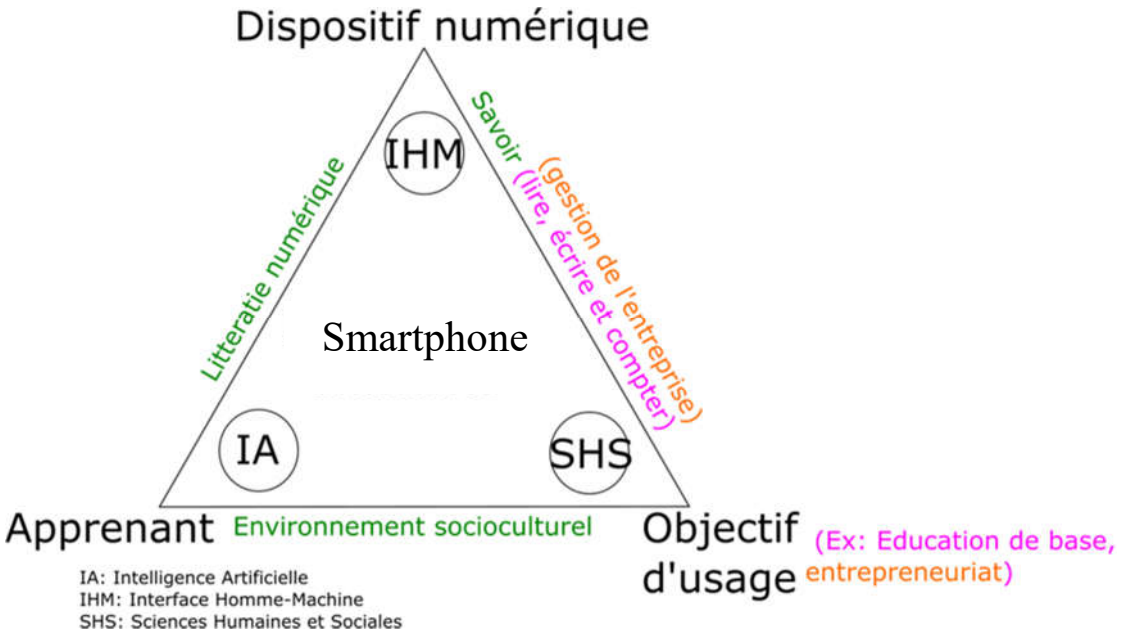


Figure IV.1: Le triangle environnement numérique qui forme un EIAH avec le Smartphone

[25] https://edutechwiki.unige.ch/fr/Artefact

Les contraintes de l'apprentissage reposent sur la compétence en numérique, sur l'affordance du dispositif relative à l'objectif de son usage et sur l'impact du développement de l'apprenant.

En outre, l'affichage des informations sur l'activité qui se déroule et représentée dans l'EIAH et la réponse au besoin pour la régulation relative à cette activité de manière satisfaisante, correspondent au phénomène d'observation selon (Thibault, 2011). La représentation explicite de ces activités au sein d'un EIAH est réalisée à partir de l'approche des traces informatiques laissées par les utilisateurs utilisant la plateforme. Son travail de recherche propose une technique d'assurance sur l'adaptation de la plateforme faisant suite à ces informations.

IV.1.1 Les méthodes de conception EIAH

Les recherches en EIAH amènent souvent à représenter informatiquement des objets à enseigner et à les doter d'outils de calcul afin de produire des diagnostics, des rétroactions vers l'élève ou l'enseignant. Étant un système complexe et distribué, parfois embarqué, la conception n'est pas évidente sans l'intervention de spécialistes de différentes disciplines. Le problème repose sur la modélisation de l'environnement. Nous distinguons les concepts de base de l'EIAH à partir de la synthèse des travaux de recherche de Tchounikine, Jean-Daubias et El-Kechaï Hassina, Christophe Choquet. Ces travaux de recherche se différencient des autres approches de par leurs méthodes.

Les éléments de conception EIAH de Tchounikine *(Tchounikine, 2002)*

Le premier problème de conception d'un EIAH est la définition et la modélisation de l'intention didactique et son articulation avec les spécifications de l'artéfact. Le modèle de connaissance du domaine à apprendre, le modèle des actions possibles de l'apprenant et de rétroactions de l'environnement ou encore un modèle de communication médiatisée sont les modèles qu'il faudra articuler. Il résume ces éléments de conception sur les deux grandes lignes suivantes (Tchounikine, 2002).

- Les travaux sur la didactique computationnelle visant à modéliser des connaissances d'un domaine d'apprentissage pour le milieu informatique et ses propriétés ;

- Les travaux sur l'instrumentation de situations pédagogiques, le contrôle de l'interaction ou les interactions épistémiques ;

La base du problème est la définition et la modélisation d'un environnement informatique qui suscite ou accompagne un apprentissage. Le contrôle de l'interaction, la médiatisation des actions et des processus de communication ou encore la perception et l'interprétation des actions et des interactions communicatives sont les problèmes spécifiques, enjeux de la didactique. Un EIAH crée ou modifie un système de relations sociales, il s'agit donc de l'étudier en détail. Comme pour tout artefact informatique permettant de réaliser une activité complexe, il faut également étudier en détail l'instrument en tant que médiateur entre le sujet et l'action et prendre en compte les processus d'instrumentation et d'instrumentalisation ((Beguin P., 2000) cité par Tchounikine). Certains problèmes ponctuels posés par la conception d'un EIAH peuvent être étudiés isolément (par exemple, un problème particulier relevant de l'ingénierie des connaissances ou des travaux sur les Interfaces Homme-Machine), la conception d'un EIAH n'est donc pas réductible à une simple juxtaposition de problèmes relevant d'autres domaines. La conception d'un EIAH nécessite en particulier des modélisations multiples qui doivent être articulées. Pendant l'étude, la dissociation des modèles utilisés est importante. Cette dissociation vise à mieux comprendre l'aspect théorique et les modèles utilisés comme base de conception.

Quelle que soit la nature de la démarche, la conception de l'artefact passe par la conception de modèles et renvoie donc directement à la question des théories sous-jacentes. La construction des modèles est un problème difficile qui nécessite des travaux de recherche pluridisciplinaires. Une conséquence directe de la complexité est que la relation entre théorie et modèle est à double sens, le travail sur les modèles amenant à faire évoluer les théories. La recherche en EIAH (élaboration de théories et de modèles) ne peut donc se réduire à une phase de recherche en « Sciences Humaines » conduisant à des spécifications qu'il s'agirait alors à un ingénieur informaticien d'implanter, les Sciences Humaines reprenant ensuite la main lors de l'évaluation du système. L'informatique a ses propriétés propres et ces propriétés, dont la compréhension et la maîtrise relèvent de la recherche en Informatique, sont au cœur du processus de conception de modèles des systèmes, et, plus largement, de l'élaboration des savoirs en EIAH. Aborder le problème de conception d'un EIAH demande des compétences spécifiques pour les chercheurs en Informatique. D'abord, il faut dépasser les interprétations naïves et réductrices des problématiques SHS, notamment, la projection rapide de problématiques complexes sur un plan technique. Ensuite, il faut être capable de comprendre et de maîtriser les enjeux et contraintes afférentes aux dimensions SHS impliquées dans leur complexité et leur dynamique.

Méthode de conception différenciée ou adaptée par Jean-Daubias Stéphanie (Jean Daubias S., 2004)

C'est par l'intermédiaire de l'intégration des chercheurs, d'experts, d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH que Stéphanie Jean-Daubias (2004) a défini l'approche différenciée ou adaptée. Elle classifie l'EIAH parmi les domaines fortement pluridisciplinaires. L'objectif de la méthode de conception différenciée est de faciliter la gestion des relations entre les informaticiens et les différents interlocuteurs non-informaticiens. Selon elle, l'EIAH est composé d'un apprenant qui l'utilise et des enseignants qui prescrivent le système. Elle a impliqué les experts ou les chercheurs en éducation ou en didactique des disciplines pendant le parcours de la conception EIAH. La méthode consiste à réaliser par étape la conception : La conception centrée utilisateur, la conception informative et la conception participative.

La conception centrée utilisateur place l'utilisateur et la tâche qu'il doit effectuer au centre de la démarche de la conception. Les relations entre utilisateurs et concepteurs restent limitées, car les initiatives viennent des concepteurs et non des utilisateurs. La conception participative est le complément de la conception centrée utilisateur. C'est une approche interactive par rapport aux objectifs des utilisateurs. La conception informative est une démarche faisant appel aux utilisateurs en tant qu'informateurs dans la conception, mais ils ne participent pas aux décisions finales.

La méthode de conception différenciée associe la méthode de conception adaptée à chaque type d'interlocuteurs :

- La conception centrée utilisateur avec les apprenants est basée sur l'étude des tâches, le test d'utilisabilité des différents prototypes auprès d'eux, des expérimentations en situation réelle, enquête de satisfaction…
- La conception informative avec les enseignants parfois prescripteurs propose les conditions pour les pratiques. Elle assume l'adéquation de l'EIAH au public cible.
- et la conception participative avec les chercheurs est le garant de l'utilité du système réalisé. Elle détermine les paramètres à étudier pour atteindre les objectifs d'apprentissage.

Elle a développé la plateforme PEPITE pour l'expérimentation de la proposition. C'est une plateforme pluridisciplinaire en informatique et mathématiques développées par les équipes de recherche au LIRIS de l'Université Claude Bernard Lyon I. Elle a pour but de

concevoir un environnement capable d'aider les enseignants dans l'évaluation des compétences des élèves en algèbre élémentaire. Le système conçu comporte trois modules : PEPITEST (Figure *IV.2*), le logiciel élève qui propose les exercices aux élèves et recueille leurs réponses ; PEPIDIAG, le module de diagnostic, analyse ces réponses. Il s'adresse aux chercheurs en tant qu'utilisateurs finaux. Ces derniers peuvent utiliser la description très fine des connaissances des élèves proposée par PEPIDIAG pour évaluer l'outil didactique et le faire évoluer ; quant à PEPI PROFIL, il s'adresse aux enseignants, il établit les profils des élèves et les présente aux utilisateurs.

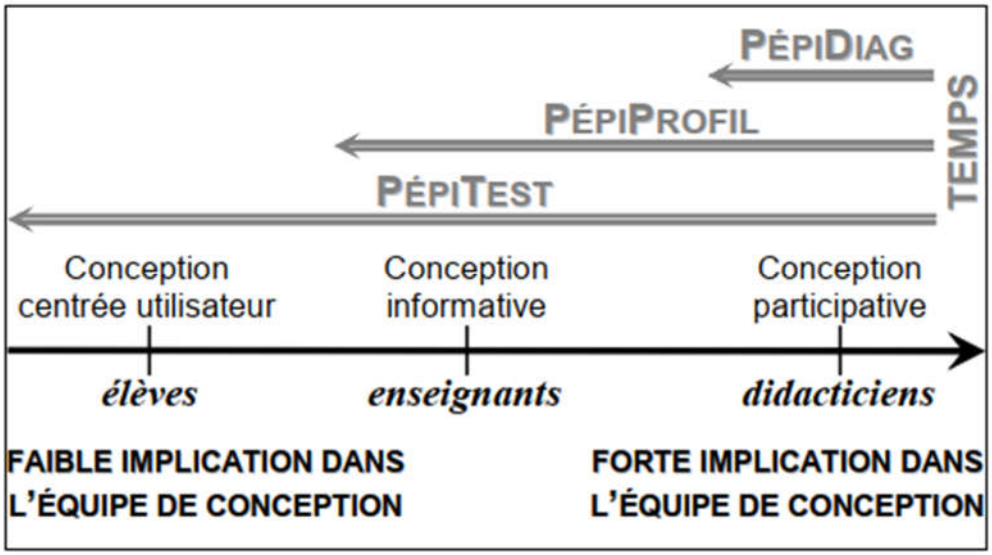


Figure IV.2: Différentes méthodes de conception selon le degré de participation des membres de l'équipe de conception (Jean Daubias, 2004)

La conception centrée utilisateur, la conception informative avec les enseignants-prescripteurs et la conception participative avec les chercheurs en didactique des mathématiques, à la fois clients et représentants des utilisateurs, sont les méthodes utilisées pour la conception de PEPITEST. La conception informative avec les enseignants-prescripteurs finaux et la conception participative avec les didacticiens sont les méthodes de conception de PEPI PROFIL. La conception participative avec les chercheurs en didactique des mathématiques est la méthode utilisée pour la conception PEPIDIAG.

Approche pragmatique de conception d'un EIAH (El-Kechï et Choquet, 2005)

Cette approche propose une démarche de conception participative entre chercheurs et enseignants et de montrer, à l'éclairage de la mise à l'essai d'un dispositif d'apprentissage

collaboratif, comment elle se réifie dans un contexte situé. Notamment, les chercheurs ont observé les participations des apprenants et des enseignants pour acquérir de nouvelles connaissances en conception d'EIAH. A travers des modèles de conception en réflexion pédagogique autour des rôles endossées par les apprenants et les modèles d'expression pédagogique que le langage de modélisation pédagogique Learning Design ou « LD » a pu s'étendre par la primitive « groupservice ». L'expérience a utilisé le modèle du langage LD pour analyser les usages pendant et après la session. LD est un langage de modélisation pédagogique instrumenté par les technologies d'information et de communication. Sa spécification réside dans la particularité du LD (Lejeune, 2004).

Pendant l'expérience, les apprenants développent un site web dynamique et pluridisciplinaire en suivant une méthodologie de gestion de projet enseignée auparavant pendant les cours.

Après les descriptions basiques des concepts de l'EIAH, nous avons vu qu'à travers leurs propositions, Tchounikine, Jean-daubias et El-Kecha ont travaillé sur la méthode de conception participative, même si les outils mobilisés sont différents. Jean-Daubias gère la relation entre les interlocuteurs des informaticiens tandis qu'El-Kecha pratique la méthode dirigée par des modèles. L'approche participative est un processus de conception des systèmes interactifs qui implique les utilisateurs dans l'ensemble du processus de développement. Ainsi, cette approche est adaptée à la conception d'un EIAH qui est aussi à forte pluridisciplinarité.

Nous avons eu recours à la méthode Agile-SCRUM pour la conception de l'application « αβGasy@mobile ». Alfabetgasy est conçu avec la méthode participative basée sur le système de compétences de l'utilisateur.

IV.1.2 La méthode d'évaluation EIAH

Aux catégories de critères d'évaluation des EIAH relevées en 2003 par Tricot que sont l'utilisabilité et l'utilité, il convient d'ajouter une troisième suggérée par (Tricot, et al., 2003) qui est l'acceptabilité.

L'évaluation de l'utilisabilité concerne l'adéquation entre la manière dont une tâche est réalisée par un utilisateur et les capacités cognitives de cet utilisateur (Farenc, 1997) cité par (Nogri et al., 2004) ou la qualité de l'interface. D'après la définition ISO 9241-11, l'utilisabilité d'un logiciel est définie par son efficacité lors de la réalisation des tâches, son

efficience en termes d'optimisation des ressources mobilisées et la satisfaction de l'utilisateur sur l'usage. L'EIAH est spécifique, par conséquent, l'évaluation de l'utilisabilité doit être adaptée. L'ensemble évaluation analytique et évaluation empirique est la méthode utilisée pour mesurer l'utilisabilité de l'EIAH. L'évaluation analytique consiste à étudier les interfaces et ce qui fait intervenir les caractéristiques ergonomiques de type pédagogiques. L'évaluation empirique consiste à recueillir des données relatives au comportement de l'utilisateur lors de l'utilisation du système. En informatique, ces méthodes font appel aux critères conçus par les ergonomes et l'évaluation des prototypes. Les critères des ergonomes sont établis à partir des résultats des études sur l'enchaînement des tâches dans le logiciel. L'évaluation du prototype avec la présence de l'utilisateur étudie l'interaction avec l'utilisateur et le système identifie les difficultés éventuelles (les caractéristiques inattendues de la situation) et les capacités de l'utilisateur. Notamment, l'évaluation de l'utilisabilité se réalise en adaptant les techniques classiques développées en IHM.

L'Évaluation de l'utilité : l'utilité est l'adéquation entre les fonctions fournies par le système et celles nécessaires à l'utilisateur pour atteindre les objectifs de haut niveau du client. Dans le cadre de l'EIAH, l'évaluation de l'utilité ne consiste pas seulement à vérifier si l'utilisateur peut réaliser la tâche qu'il souhaite faire, mais aussi à évaluer l'objectif de plus haut niveau qu'est l'apprentissage (Nogri et al., 2004). L'évaluation est alors basée sur la capacité du logiciel à représenter le comportement de l'apprenant et à construire des profils qui correspondent à l'image que l'enseignant a des connaissances des apprenants. Pour ce faire, des techniques d'évaluation dont l'objet d'étude est l'apprentissage sont nécessaires. Donc évaluer l'utilité n'est autre que d'identifier l'impact du logiciel sur l'apprentissage. Pour ce faire les chercheurs présentent deux types de méthodes : les méthodes quantitatives, objectives et les méthodes qualitatives. En informatique, ces dernières méthodes font appel aux techniques de gestion de projets dans la conception d'un logiciel.

L'**acceptabilité** est un critère d'évaluation sur l'efficacité pédagogique. Elle répond à la question : l'EIAH permet-il aux personnes visées d'apprendre ce qu'elles sont censées apprendre ?

Nous avons parlé des concepts de l'EIAH qui reposent sur un ensemble d'outils numériques en interaction avec l'être humain. Nous avons évoqué aussi que les résultats sur l'usage de l'utilisateur contribuent à l'évaluation d'un EIAH. Dans le cas pratique et par étude observation, la connaissance au préalable, que ce soit le contenu ou le support physique, de la

manipulation soutient le bon usage du EIAH. L'initiation à cette connaissance nous conduit à revoir la notion de la littératie numérique au paragraphe suivant.

IV.2 Les concepts de la littératie numérique

Les expressions « compétence numérique » ou « littératie numérique » sont un leitmotiv de la dernière décennie quand on parle de la compétence en Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Le mot « littératie » ou « littéracie » est une reprise du mot « literacy » en anglais. La définition de ce mot reste encore floue, pour les francophones, même s'il est toujours un concept central dans le monde du numérique. L'idée originale au sens du mot « littératie » est en relation avec la langue écrite. Autrement dit, la littératie de la langue signifie l'ensemble des compétences nécessaires à l'alphabétisation du numérique, grâce aux situations d'apprentissage et des dispositifs à mettre en place (Le Deuff, 2015). Dans le temps anténumérique, la littératie traditionnelle « fonctionnelle » était définie comme la possession des connaissances et compétences en lecture et écriture permettant à une personne de s'engager efficacement dans une variété de contextes et d'activités (Pierre, 2003), (Lebrun et Lacelle, 2011), (Gerbault, 2012). À l'ère du numérique, la littératie s'élargit vers les compétences lire-écrire avec les dimensions informationnelle, numérique et médiatique qui relèvent de la recherche de l'information et de son éditorialisation (Delamotte et al. 2010), (Frau-Meigs et al, 2012), (Frau-Meig, 2012). La synthèse de ces trois définitions de la littératie remonte aux compétences à lire et à écrire accompagnées des différentes pratiques et qui évoluent avec leurs contextes.

La littératie avec l'adjectif numérique se traduit par la compétence à lire et à écrire avec l'environnement numérique. Cela ne se limite pas aux simples compétences en lecture et en écriture, mais aussi aux compétences spécifiques en numérique. En 2010, Microsoft cité par (Leahy et Dolan, en 2010) a proposé 5 modules de compétence qui forment la compétence en *digital literacy*. Il s'agit de :

- *Compétence sur l'informatique de base ou « Computer Basics »:* il consiste en les compétences sur les fondements de l'ordinateur (les composants fonctionnels pour le système d'exploitation, l'utilisation du clavier et le souris) ;
- *Compétence sur l'utilisation de l'internet ou « The Internet and The World Wide Web »* : c'est l'habileté à naviguer avec l'Internet, accès aux pages web, envoi et réception d'e-mail, utilisation des moteurs de recherche ;

- *Compétence à la productivité des programmes ou « Productivity Programs »* : exploiter les logiciels de production en business d'affaires, en éducation, en domicile (par exemple : utilisation des logiciels bureautiques) ;
- *Compétence sur la sécurité de l'ordinateur ou « Computer Security and Privacy »* : savoir protéger l'accès privé et sécuriser l'accès à l'ordinateur ;
- *Compétence en style de vie numérique ou « Digital LifeStyles »*: c'est l'introduction des technologies numériques qui contient l'audio numérique, vidéo numérique, photographie numérique.

En 2020, avec l'urgence sanitaire, HEE ou Health Education England estime à six les compétences acquises pour définir la littératie numérique (Nash, 2020):

- *Compétence sur l'Identité numérique, bien-être, sécurité ;*
- *Compétence sur la Communication, collaboration et participation ;*
- *Compétence à enseigner, Apprendre, et autodéveloppement ;*
- *Compétence informationnelle, les données et les contenus ;*
- *Compétence sur la créativité, l'innovation et les moteurs de recherche ;*
- *Compétence technique.*

L'analyse de ces étapes des différents niveaux de compétences permet d'affirmer que la littératie numérique contient des sub-compétences en numérique qui sont définies en fonction du domaine d'évaluation. Sur le plan social, l'UNESCO indique sept niveaux de compétences en littératie numérique (UNESCO, 2018). L'ensemble de ces différentes compétences constitue les compétences acquises pour être capable d'utiliser les numériques autour d'un environnement informatique dans un domaine concerné. Cela implique que la litteratie numérique correspond à un environnement informatique d'un métier maîtrisé. En occurrence, elle est la source de la culture numérique.

Ces compétences ou ces connaissances permettront de mesurer l'addiction au numérique. Dans ce document, nous essayons de concevoir, à la partie II- contribution, les concepts de seuils de la littératie numérique au niveau primaire pour initier la culture numérique. Rappelons dans le paragraphe suivant apporte quelques éléments nécessaires à l'instruction de la culture numérique.

IV.3 La culture numérique

L'expression « culture informatique » est apparue aux États-Unis au milieu des années 1970 en opposition à une utilisation militaire de l'informatique (Breton, 1990, cité par Drot-Delange et al. 2012). Et la « culture numérique » est née à l'époque où le numérique devient un outil inséparable d'avec l'être humain. En 2002 où l'évolution du numérique est encore modeste, Proulx a défini la culture numérique comme l'ensemble de valeurs, de connaissances et de pratiques qui impliquent l'usage d'outils informatisés, notamment les pratiques de consommation médiatique et culturelle, de communication et d'expression de soi (Proulx S. , 2002). La culture numérique ne se résume pas à l'art en réseau, elle englobe aussi la philosophie d'Internet comme espace de liberté, d'expression, d'ouverture aux autres, de partage de connaissances. En tous cas, le numérique est un phénomène qui favorise la transformation du mode de vie habituel et il ne cesse pas d'évoluer sur la base de l'autonomie des utilisateurs et la facilitation de l'accès à Internet.

Du côté utilisateur, l'utilisation d'Internet renvoie à la propriété des sites webs. Ainsi, en 1999, Hert l'a défini comme un dispositif hétérotopique[26] (Hert, 1999) ; en 2008, Flichy l'a caractérisé comme une arène publique en ligne (Flichy, 2008). Notamment, le web est un nouveau dispositif ou lieu pour les sources de connaissances. Nous explicitons ces différents concepts dans la section Chapitre V page 49.

Dans l'éducation, la culture numérique s'est progressivement inscrite dans la pensée pédagogique et sociologique, mais aussi, plus généralement, en Sciences Humaines, obtenant une reconnaissance institutionnelle qui se manifeste par la création de cours ou de programmes dédiés dans les universités et dans les écoles de technologie et SIC (Cardon, 2019). Cerisier tente de modéliser sur la Figure *IV.3* ce qui nous semble être l'articulation nécessaire entre les différentes dimensions contenues dans les compétences référentielles, mais en les situant de manière plus globale. Il semble que dans tous ces domaines, la culture informationnelle doit être considérée comme fondamentale, mais jamais indépendante des autres dimensions.

[26] Foucault parlait d'hétérotopies pour désigner ce qu'il appelait des utopies effectivement réalisées. Il entendait par là qu'il existe des lieux réels pour l'utopie : des lieux hors des autres lieux et pourtant bien effectifs (Foucault cité par (Hert, 1999).

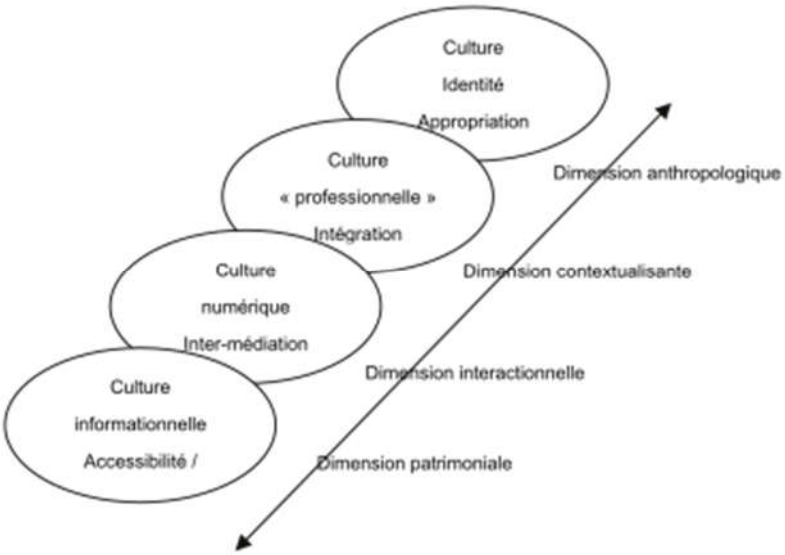


Figure IV.3: Modèle de processus à la culture numérique globale *(Cerisier J.-F. , 2011)*

Les compétences informationnelles ne peuvent pas être ignorées par le numérique. La représentation de Cerisier (Figure *IV.3*) a une vision plus holistique dans laquelle la culture numérique réfère l'ensemble des éléments qui définissent notre culture dont les évolutions profondes, rapides et soutenues doivent beaucoup aux technologies numériques.

Ainsi, la culture numérique se présente-t-elle comme un outil puissant pour intégrer efficacement le numérique dans la vie quotidienne, dans un EIAH et aussi dans le monde du développement.

Chapitre V. Interopérabilité du système d'information

La confrontation de la théorie sur l'automate fini avec les études de Robert Escarpit sur l'information, la communication effectuée par Perriault (2007) a conclu que dans la pensée en Information et en Communication, l'informatique a un rôle technique qui n'est d'ailleurs pas un concept, mais un terme générique. Perriault (2007) a comme hypothèse suivante : les théories de l'information et théories de la communication qui comprennent un objet – commun les TIC, Internet… et qui maintiennent la coupure et l'altercation entre sciences sociales et techniques pures et dures en lieu et place d'un concept, « machine à communiquer », alors qu'un lien existerait (Perriault, 2007).

Les attributs informatiques, Agostinelli (1999), qui amalgament l'«information numérisable » et la « connaissance », orientent naturellement la conception et l'utilisation des environnements de communication, d'information, de formation ou de gestion multimédia. Notamment, les usages communicationnels ou d'accès à l'information se résument à une utilisation des outils qui permettent de manipuler ces objets, ou dans d'autres cas, à la manipulation des structures de fichiers ou de réseaux (les bits, les débits par seconde…). Par ailleurs, la construction d'un espace collectif de communication interactive, demande l'intégration des outils communicationnels, cognitifs, pédagogiques…ceux-ci doivent relever des relations utilisateur-collectif-outils sous-tendus par les situations instrumentées par les NTIC qui conditionnent l'acquisition des connaissances (Agostinelli, 1999) citée par (Agostinelli, 2001).

Ces notions sur les concepts de SIC admettent l'informatique comme une technique de base aux processus des ceux-ci. À l'issue de ces processus, on peut considérer que les outils informatiques mobilisés sont parmi les éléments fondamentaux aux concepts de la médiation des nouvelles méthodes de communications modernes. Selon Régimbeau (2011), la médiation est un des concepts fondamentaux des sciences de l'information et de la communication. Son apport aux SIC intéresse la plupart des activités humaines[27] (Régimbeau, 2011). Pour lui, par rapport à la théorie de la communication, la médiation est un ensemble d'étapes pour l'acheminement (et le cheminement) d'une information ou bien démontrer la diversité des interactions entre **médiums** et messages, c'est déjà supposer qu'elle est un composé (de phases d'intercession, de traductions et de transformation) et non la simple émission-réception d'un message. Le chercheur a proposé différentes définitions sur le médium selon le cadre

[27] Toutes les situations sociales, précisément parce qu'elles sont sociales, supposent et impliquent des fonctions de médiations (CAUNE, 2004) cité par (Régimbeau, 2011)

d'intervention, mais pour la SIC, il a défini le « médium » le plus approprié pour signifier à la fois le véhicule d'une inscription : son support et son moyen de diffusion. Il est le vecteur d'une information et reflétant ailleurs une notion plus affinée : ainsi le papier sera le support du médium qu'est le livre ou l'affiche, et le numérique sera le support du médium cédérom ou du médium photographie, etc.

Dans le champ des SIC, Yves Jeanneret cité par (Régimbeau, 2011) précise que « *le terme médiation désigne l'espace dense des constructions qui sont nécessaires pour que les sujets, engagés dans la communication, déterminent, qualifient, transforment les objets qui les réunissent, et établissent ainsi leurs relations. Pratique qui n'est jamais, ni immédiate, ni transparente. Ces constructions relèvent à la fois* ***d'une logistique*** *(la médiation exige des conditions matérielles),* ***d'une poétique*** *(la médiation, qui n'est pas simple transmission, invente des formes) et* ***d'une symbolique*** *(la médiation ne fait pas que réguler, elle institue). La création et l'évolution des dispositifs médiatiques contribuent à ces processus»*. Avec le numérique, plus particulièrement dans le cas d'une application, la logistique est le support physique qui tiendra l'application, le smartphone par exemple, l'ordinateur. Pour l'application elle-même, on peut citer le Web comme le support virtuel de l'application. La poétique est les différentes interfaces de communication qui peuvent être nécessaire pour la transmission du message. Il faut retenir que le type de message à transmettre doit être en cohérence avec la capacité du destinataire à décoder la présentation du langage de communication. La symbolique renforce les propriétés de la poétique. Elle contribue à la propriété « rémanence » des présentations qui n'est pas constante, mais évolue en fonction du message. Cette rémanence s'appuie à la capacité des interfaces numériques mobilisées à s'adapter à la compétence cognitive de l'utilisateur ou au registre de compétence. La médiation contribue potentiellement au technique de transformation des modalités aux activités humaines vers les interfaces numériques. Et à ce que l'étude de la médiation s'impose dans notre étude. Elle intervient dans la conception des interfaces adaptées au registre de compétences de l'utilisateur.

V.1 La médiation en SIC

Les Sciences de l'Information et de la Communication sont résolument inscrites dans les Sciences Humaines et Sociales qui se proposent d'étudier les processus d'information et de communication. À ce titre elles se centrent sur les recherches visant à mettre en lumière les actions prenant appui sur des dispositifs ou des techniques de médiation sociales ou culturelles (CNE, 1993). L'information, qui n'existe pas en tant que telle si elle n'est pas activement

reçue est le contenu cognitif du processus de communication. À l'ère du numérique, comment traitons –nous ces informations (Internet, Réseaux sociaux ...) alors que l'on s'informait au moyen de la télévision, de la presse, de la radio, il y a plus de vingt ans ? Les pratiques pour les informations nationales ou internationales diffèrent des pratiques de l'information destinées à une communauté bien définie. L'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication en contexte de communication des connaissances relance la question des objets, des processus de médiation entre les situations de communication et les connaissances (Agostinelli, 2001). Comment un espace de communication informatisé s'inscrit-il dans un processus de communication collectivement partagé et validé qui distribue de l'information et des connaissances à construire à travers des situations et un contexte ? Les études documentaires évoquent que les réponses dépendent effectivement des objets informatiques utilisés avec leur contexte d'usage.

V.2 La médiation pédagogique

V.2.1 La médiation dans la formation en présentiel

La médiation pédagogique serait « l'ensemble des aides ou des supports qu'une personne peut offrir à une autre personne en vue de lui rendre plus accessible un savoir quelconque. […] Le langage, l'affectivité, les produits culturels, les relations ou les normes sociales sont des médiations. […] L'enseignant est un médiateur ».

V.2.2 La médiation dans la formation à distance

Traditionnellement, les chercheurs en éducation, travaillant sur les technologies de l'information et de la communication, s'intéressent à cette dualité entre médiatisation via la machine et la médiation via l'humain.

Nous décrivons plusieurs dispositifs de médiation :

- Mud Object Oriented (MOO) est un dispositif numérique à distance synchrone. Il a une conception très proche des jeux vidéo multi-utilisateurs. Il s'agit en réalité d'univers virtuels basés sur une métaphore spatiale au sein de laquelle les participants peuvent à la fois interagir entre eux, mais également avec l'environnement.
- ACOLAD est une plateforme qui reprend l'idée du MOO puisqu'elle est construite autour d'une métaphore graphique (2007). Dans ces perspectives, les étudiants suivent leurs enseignements en se positionnant autour d'une table ronde virtuelle, etc.

La médiation dans la formation à distance se manifeste sur l'ensemble de la médiation pédagogique et la médiation numérique. La médiation numérique amène au Web social, car la médiation numérique se développe depuis l'apparition de celui-ci (Accart, 2016).
La médiation numérique via la classe virtuelle serait liée à la dimension relationnelle, en effet, d'après les analyses interactionnelles faites par les auteurs, l'enseignant développe davantage cette dimension. En se référant aux travaux de Garrison et Bayaton (1987), Moore (1993) ou encore Jézegou (2007 ; 2010) sur la distance transactionnelle, nous constatons que dans une formation en ligne, on doit se servir de ce type de levier pour réduire les effets de la distance physique ressentis par les apprenants (Daguet, 2015).

V.2.3 La médiation pédagogique avec le numérique (de l'ingénierie à l'innovation)

Les théoriciens constructivistes de l'apprentissage, les plus illustres sur lesquels nous pouvons nous appuyer pour construire notre application sont : Jean Piaget et Vygotsky.
Jean Piaget (1896-1980) psychologue et biologiste suisse, théoricien de l'apprentissage chez l'enfant centre son œuvre sur le développement cognitif. Jean Piaget se posera plusieurs questionnements.

- Quelle différence existe-t-il entre la pensée de l'enfant et celle de l'adulte ?
- Quelle est la vision du monde de l'enfant, et son explication des phénomènes ?

Il aura, dans ses recherches, une période clinique, il fera des hypothèses, et des d'observations sur ses trois enfants au premier âge et interrogera des enfants jusqu'à 12 ans et plus.

Piaget considère que **le développement mental passe par le** langage**, le jeu et la compréhension. Les fonctionnalités ludiques de l'application « Lala sy Noro » contribueraient au développement mental du jeune apprenant en formation de base, et permettraient une co-construction circulaire des compétences du langage entre l'atteinte de résultats à l'écrit et à l'oral dans son évolution de jeune citoyen.**

Les changements observables au niveau des résultats témoignent du développement de ces capacités cérébrales, via les processus d'assimilation et d'accommodation.

L'assimilation se réfère au mode de fonctionnement habituel lors de nouveaux stimuli ou exercices auxquels le confronte l'application **« Lala sy Noro »,** alors que

l'accommodation implique une modification ou une restructuration cognitive de l'organisation actuelle des réponses aux questions de l'exercice de l'application.

« Pour Piaget, assimilation et accommodation interagissent mutuellement dans un processus d'équilibre ». Cela peut être considéré comme un processus régulateur, à un niveau plus élevé, qui dirige la relation entre l'assimilation et l'accommodation.

Il recourt au concept d'épigenèse et à son propre modèle explicatif de l'adaptation en termes d'assimilation et d'accommodation. Par épigenèse, il comprend l'interaction réciproque entre génotype et environnement pour la construction du phénotype en fonction de l'expérience. »[28] Lala sy Noro permettrait à l'apprenant, grâce aux exercices proposés d'agir et de développer ses potentialités verbales, logiques et numériques et contribuerait à le rendre autonome dans son apprentissage, lui donnant accès à de nouvelles possibilités dans le choix de son futur projet de formation et professionnel.

Piaget a énoncé trois stades principaux chez l'enfant au cours de son développement.

De 0 à 2 ans, c'est le premier stade sensorimoteur, celui de la manipulation des objets et des progrès dans la coordination motrice. C'est là qu'il commence à intérioriser des images de ces expériences manipulatoires, c'est le début des premières représentations mentales qui vont s'étoffer. Il est capable de reproduire un enchaînement d'un jeu de construction plusieurs heures voire plusieurs jours après : c'est l'imitation différée. Par extension, l'application « Lala sy Noro fait appel à ce tout premier stade sensori-moteur ou manipulatoire propre à l'espèce humaine, pour se familiariser avec le clavier de l'application et construire des représentations de ses cheminements logiques.
Certains jeunes apprenants du début de l'apprentissage de base, âgés de 6 ans et plus, se situeront au stade préopératoire. L'application Lala Sy Noro proposera des exercices autour des premières opérations. Ces exercices testeront la permanence de l'objet, les classifications, les sériations, la notion de nombre. La permanence serait acquise vers 8 mois (un objet continuerait à exister même s'il est caché). Cependant, dans les discours d'élèves de cours élémentaires témoignent de ce biais avec les tablettes ou applications numériques, la notion abstraite de l'accord de l'adjectif risque d'être vite éludé (Villemonteix et Nogry, 2016). Il conviendrait de configurer l'application, pour créer un renforcement de l'apprentissage, de façon à proposer des exercices itératifs et aléatoires autour des notions de grammaire et d'orthographe. Des exercices de classification sur

[28] https://nospensees.fr/piaget-theorie-de-lapprentissage/ consulté le 7 décembre 2021.

l'application dès 5, 6 ans pourraient être aussi envisagés. La classification est la capacité de regrouper des objets par ensembles ou par catégories en utilisant des propriétés concrètes (couleur, grandeur, forme, etc.). Entre 4 à 8 ans, les enfants commencent à sérier. La sériation est une « [...] addition de différences [...], l'addition de classes [...] une addition d'éléments équivalents au point de vue donné ». Mais, c'est seulement à *7-8 ans*, que les enfants utilisent une méthode systématique qui consiste à établir des séries de comparaisons par paires pour découvrir l'élément le plus petit, puis le plus petit de ceux qui restent et ainsi de suite. Il y a réversibilité par réciprocité. Il conviendrait donc, de ne démarrer des exercices de sériation sur l'application qu'entre 7 et 8 ans. Une notion aussi difficile à acquérir, c'est la notion de nombre ou de quantité acquise définitivement vers 9 ans. Un enfant dès 5 ans est capable de compter machinalement jusqu'à 100 ou même plus, sans avoir une représentation de la quantité d'objets.

D'autres exercices de l'application seront adaptés aux apprenants du stade des opérations concrètes (7 à 11 ans).

Le dernier stade des opérations logiques et abstraites (algèbre, équations, trigonométrie) ne sera pas présent, en l'état d'avancement de l'application. C'est un programme à envisager dans le futur.

Au niveau des potentialités découvertes par Piaget, l'abstraction *réfléchissante ou* la prise de conscience des coordinations de l'action sera source d'opérations nouvelles chez l'apprenant (qui seront des opérations au second degré, des opérations sur des opérations), par opposition à l'abstraction dite « simple ». Un réinvestissement serait observé lorsqu'il s'agit d'effectuer un paiement, par exemple pour ses courses quotidiennes.

Cette application participerait au développement d'un raisonnement déductif, pour passer à un raisonnement inductif avec la formulation d'hypothèses.

Vygotsky (1896-1934), théoricien de l'apprentissage par groupe, a formulé cette fameuse théorie : les cognitions émergent dans et par l'interaction sociale.

Au cours des progrès et de la prise en main de l'application « *Lala sy noro* », pour reprendre les concepts de Vygotsky, l'apprenant a « un niveau de capacité de départ » et a une « zone proximale de développement » grâce aux interactions avec le dispositif et à l'aide extérieure que peut lui apporter le formateur et la collaboration avec les autres apprenants[29]. Pour Vygotsky, la conscience humaine est associée à l'utilisation d'outils « psychologiques » ou « signes ». Au lieu d'agir d'une manière directe, sans intermédiaire dans le monde social

[29] https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0609b.htm

et physique, notre contact avec le monde se fait par une médiation par signes que sont l'utilisation d'objets culturels, d'outils, de symboles, la langue, et qui vont tous jouer un rôle crucial dans le développement des capacités intellectuelles humaines. Cette médiation pédagogique se définit comme une zone proximale de développement (Marchal, 2018) qui est la distance entre le niveau réel de développement déterminé par la résolution de problèmes de manière indépendante et le niveau de développement potentiel déterminé par la résolution de problème avec l'aide d'adultes ou en collaboration avec des pairs plus compétents.

L'étude de la littérature de la médiation pédagogique nous amène à évoquer les aspects suivants.

La genèse instrumentale est caractérisée par un double processus d'instrumentalisation et d'instrumentation. Pour rappel, l'instrumentation est un mouvement dirigé vers le sujet lui-même, qui consiste à modifier ses schèmes lorsqu'il s'adapte aux situations. L'autre mouvement, celui de l'instrumentalisation, est tourné vers l'artefact, et a pour effet de mettre en forme ce qui est « donné de l'extérieur pour en faire son propre instrument » (Rabardel P. , 1995).

La médiation en ligne s'intéresse aux illustrations des contenus et non plus aux outils physiques. Rézeau a défini le mot « instruments » pour désigner les moyens, de mettre en relation le processus de médiation entre deux entités différentes (Rézeau, 2002). Rabardel affirme que l'instrument constitué n'est pas éphémère, il a un caractère permanent et fait l'objet d'une conservation comme moyen disponible pour les actions futures, même si, bien entendu, il évoluerait en relation avec les situations d'action auxquelles il sera associé par le sujet. Un simple outil devient instrument si on le met à la disposition au bon moment, en fonction de la tâche à réaliser. Il est nécessaire de prévoir une formation préalable à l'utilisation de l'outil, suffisamment longue et bien conçue pour aider les individus à transformer un outil technologique en réel instrument d'action (Docq et al. 2000).

Prenons le cas des MOOC qui sont des logiciels pédagogiques en ligne et s'étendent à l'échelle des pays francophones depuis 2012. Ils constituent un artefact d'une partie de l'instrument et qui apparaît tel qu'il est aux yeux du sujet. Sa réalisation est le résultat d'une action finalisée pendant laquelle le concepteur s'est imaginé son utilisation. Les schèmes d'utilisation résultent d'une construction propre du concepteur ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants.

Si on considère un outil plus particulier, l'outil Chat de Messenger est l'un des plus utilisés et est disponible avec l'application du réseau social Facebook. Pendant l'état

d'urgence sanitaire, les établissements qui n'ont pas une plateforme d'apprentissage en ligne, se servent de Messenger pour réaliser une partie de l'apprentissage en ligne. Cet outil est développé par des informaticiens comme un outil de communication synchrone. Il est représenté par un avatar de l'utilisateur et un espace de dialogue en texto, parfois avec des émoticons pour exprimer les émotions, une notification sonore pour avertir de l'arrivée d'un nouveau message. Le fond du message envoyé est colorié avec une couleur différente de celle qu'on a reçue, le fil de la conversation s'affiche selon la taille de l'écran utilisé. Pour les utilisateurs qui s'approprient l'outil, son utilisation évolue tout au long de la genèse instrumentale. Le groupe des parents et les enseignants envoient et récupèrent les devoirs sur Messenger via la pièce jointe. Pour eux, il est plus facile à utiliser en termes de gestion de temps et coût de connexion par rapport à la messagerie électronique des mails. Actuellement, Messenger est accompagné de multiples options sur le mode d'utilisation.

Dans notre intervention, nous souhaitons concevoir une application d'apprentissage avec des instruments pédagogiques (composé de l'instrument de communication, instrument d'interaction et instrument visuel). De ce fait, les relations entre l'apprenant et l'application/machine nous paraissent utiles pour étudier les modes d'accompagnement de l'apprenant et la transmission de la connaissance.

V.3 La médiation numérique des savoirs

L'expression « médiation numérique » invoque deux concepts, "antagonistes" pour reprendre le qualificatif de Rinaud, "dont l'un renvoie à la distance et à l'entre-deux quand l'autre touche à l'immédiateté et à la permanence " (Rinaud, 2015). Elle est aussi le symbole de mutations des pratiques et la transformation des métiers (Porte, 2017). La médiation numérique est une démarche visant à mettre en œuvre des dispositifs de flux, passerelles et ponctuels pour favoriser l'accès organisé ou fortuit, l'appropriation et la dissémination de contenus à des fins de diffusion des savoirs et des savoir-faire (Dujol et Mercier, 2017). On peut dire qu'elle vise à satisfaire un besoin d'informations au moyen d'un outil s'inscrivant dans des usages informationnels et numériques.

Avec les savoirs, Couzinet rejoint la définition de Dujol et ses équipes en précisant que la médiation numérique des savoirs favorise les processus de construction de connaissances, et ce grâce à des dispositifs info-communicationnels, à la fois sociaux, techniques et humains (Couzinet, 2005). Cette définition a été enrichie par la caractéristique « curation des contenus » prescrite par Dujol et Mercier (Dujol et Mercier, 2017). Ils la classifient comme l'élément fondamental de l'activité en médiation numérique des savoirs. En expliquant

l'exemple d'un bibliothécaire en ligne, cette activité peut adopter une typologie plus fine du positionnement des bibliothécaires en reprenant les distinctions opérées par le chercheur Jacques Rodet à propos du rôle des tuteurs dans la relation pédagogique. Dans les résultats de ses travaux de recherche, Dujol et Mercier ont proposé quatre types de positionnement en s'appuyant sur la problématique de la distance et de la relation personnalisée qui peut se déployer au sein d'une relation visant à permettre un apprentissage. La qualité de cette distance permettra l'apprentissage en tentant de personnaliser la relation. Ils ont proposé quatre postures : conseil, guide, support et modèle pour cette distance (Dujol et Mercier, 2017).

Les études expérimentales de la médiation numérique des savoirs du dispositif MOOC, les classes inversées, ….amènent à déterminer l'interaction entre dispositifs techniques et la circulation des savoirs, en même temps les liens entre l'information, le savoir et la connaissance. Les résultats se focalisent vers la réflexion sur la modalité de la circulation de l'information dans les diapositifs numériques et à son appropriation (Gardiès, 2014). L'appropriation de l'information tisse un lien entre le sujet et le dispositif à travers les activités du sujet dans et sur le monde (Charlot, 2001) cité par (Gardiès, 2014).

Prenons le cas d'un dispositif mobile qui est devenu un outil indispensable en termes de communication et de relations interpersonnelles et un véritable phénomène de société au niveau mondial (Amri et Vacaflor, 2010). Les liaisons entre le triptyque (information, savoir et connaissance) en interaction avec le smartphone et la circulation des informations constituent un système communicationnel hyperdynamique.

En 1993, l'étude théorique de Josiane Jouët sur les pratiques de communication et figures de la médiation atteste que les pratiques de communication se construisent autour de la double médiation de la technique et du social (Jouët, 1993).

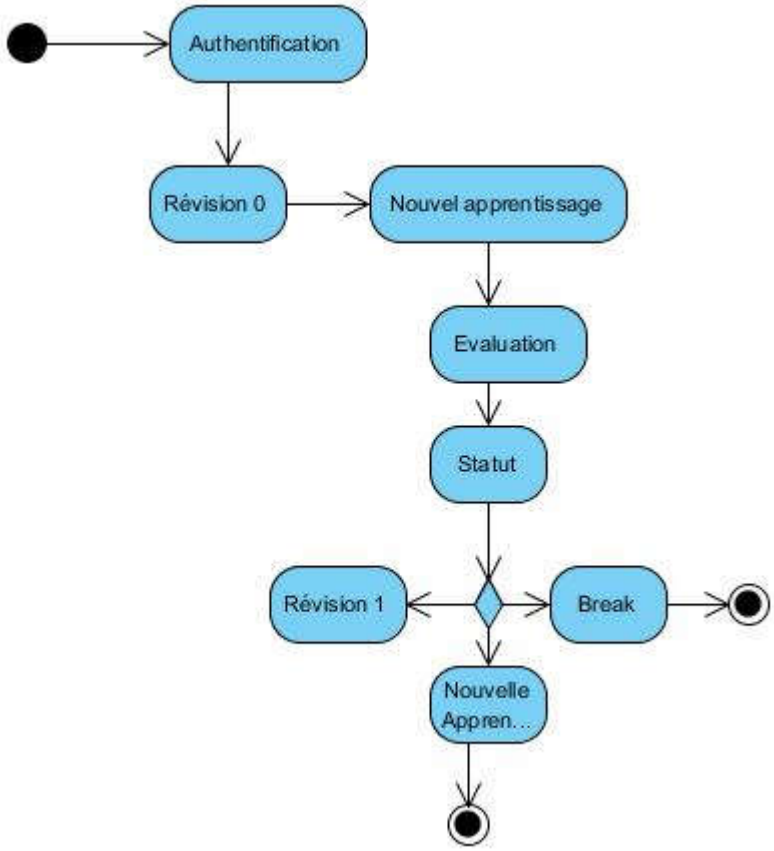
V.4 Les modèles de connaissances par la navigation web

Pour traiter les connaissances et les compétences dans un environnement d'apprentissage humain, la représentation des connaissances est un processus de conception de base. Dans notre intervention, la connaissance acquise par l'apprenant est à la fois les connaissances sur la manipulation de l'outil numérique à sa disposition et les connaissances sur l'objectif de l'apprentissage. Toutes les manipulations se font à partir d'une page Web de

type mobile conçue pour la réalisation de l'apprentissage. Nous nous intéressons au premier type de connaissances.

Pour apprendre à lire et à écrire une lettre « l », l'application « αβGasy@mobile » propose quatre étapes à parcourir. Elle se résume au scénario d'activité pédagogique (Tableau V.*1*). Cette étape est valable pour toutes lettres, mots et chiffres. Au début, la révision est remplacée par la formation de prise en main de l'application.

Tableau V.1 Scénario d'activité et trace numérique « αβGasy@mobile »

Scénario d'activité pédagogique (a)	**Modèle de connaissance numérique (b)**
Objectif apprendre à écrire la lettre « l »	Les paramètres existants
	**Menu authentification (M1)**: Nombre d'interactions ; Durée d'intervention ; Nombre ou fréquence d'interventions ; Nombre données envoyées ; Type des données envoyées ; Résultat. (ok ou non) **Menu révision :** Nombre d'interactions ; Durée d'intervention ; Nombre ou fréquence d'interventions ; Nombre données envoyées ; Type des données envoyées ; Résultat (note évaluation obtenue exprimée par nombre étoile) **Menu nouvel apprentissage (M2) :** Nombre d'interactions ; Durée d'intervention ; Nombre ou fréquence d'interventions ; Nombre données envoyées ; Type des données envoyées (soit image soit vocale; Résultat (M3) (note évaluation obtenue exprimée par nombre étoile)

Après le système des banques de données ou d'informations, les systèmes de base de connaissances peuvent actuellement représenter et traiter des principes et des règles de décisions, des prédictions, des processus et des méthodes mémorisées dans l'ordinateur (Paquette, 2002). La trace est l'outil qui fournit les connaissances.

Chapitre VI. Le processus informatisation

À l'aide du plan directeur informatique et les systèmes d'informations, Lalande-Gendreau a défini l'informatisation et pratique sociale (Lalande-Gendreau, 1987). La définition de base de toute informatisation est de développer et systématiser l'information dans une perspective d'économie de temps et d'argent, notamment amélioration des services à la clientèle, réduction du temps d'attente et élimination de la duplication de dossiers. C'est-à-dire que l'informatique peut améliorer la productivité, l'efficacité et la rentabilité de la gestion opérationnelle et administrative.

À la réalisation de notre application, nous nous appuyons sur la définition de base de l'informatisation. Nous développons et systématisons l'information dans le domaine d'apprentissage humain avec le numérique. Notre application consistera à concevoir différents contextes et nous veillerons qu'elle soit personnalisée. Ce qui nous conduit à être méthodique dans le processus de conception. Pour la conception d'une application, le processus de développement du logiciel devra être conforme à la méthode de cette application.

VI.1 Le processus du développement logiciel

Le processus du développement logiciel est l'ensemble des étapes à suivre lors de la transformation d'un système vers une application numérique opérationnelle. Cette dernière doit représenter le modèle numérique du système transformé dans les dimensions temporelles et production. Des travaux de recherche ont proposé différentes méthodes pour uniformiser le processus du développement logiciel. Différents outils et modèles ont été développés, mais nous nous focalisons sur les méthodes traditionnelles et Agile. Leurs descriptions sont l'objet du paragraphe suivant.

VI.1.1 La méthode traditionnelle

La méthode traditionnelle ou en cascade est l'une des premières méthodes de développement de logiciels. Elle est dédiée à des projets présentant peu d'interactions avec le client pendant leur développement. Cette approche est également connue sous le nom de méthodologie séquentielle (Shaikh et Abro, 2019). Le contrôle qualité a lieu à la fin du projet, car l'interaction avec le client se limite à la description dans le cahier des charges. La procédure dans la méthode traditionnelle suit les étapes suivantes (par ordre de priorité) :

1. Étude préalable ou requête des besoins ou rédaction du cahier des charges ;

2. Analyse fonctionnelle ou conception ou maquettage de l'application ;
3. Analyse organique et développement de l'application ;
4. Programmation ou réalisation des tests unitaires et d'acceptance ;
5. Correction des problèmes éventuels ;
6. Mise en service ou livraison et déploiement de l'application ;
7. Maintenance.

Le cycle en cascade, le cycle en spirale et le cycle en V sont les trois modèles les plus connus en Génie logiciel cité par Nicolas Ferry (Ferry, 2008). En outre, ces trois modèles demeurent la méthode classique de développement des projets à dimension facile à maîtriser (par exemple la gestion de stock, …). À la réponse aux problèmes rencontrés pour le développement des systèmes complexes, (Gilb, 1988), (Leau et al., 2012) ont travaillé sur la nouvelle méthode « Agile ».

VI.1.2 La méthode Agile

Face à la croissance de l'industrie en numérique ces dernières décennies, les méthodes classiques ne s'adaptent plus à la complexité d'un projet d'informatisation. La méthode « Agile » est la nouvelle méthode la plus utilisée pour combler les difficultés rencontrées avec la méthode classique (Szalvay, 2004) . C'est une des méthodes pratiques d'ingénierie et de management pour produire plus rapidement les applications informatiques. « Agile » est une approche itérative et incrémentale, qui est menée dans un esprit collaboratif, avec ce qu'il faut de formalisme.

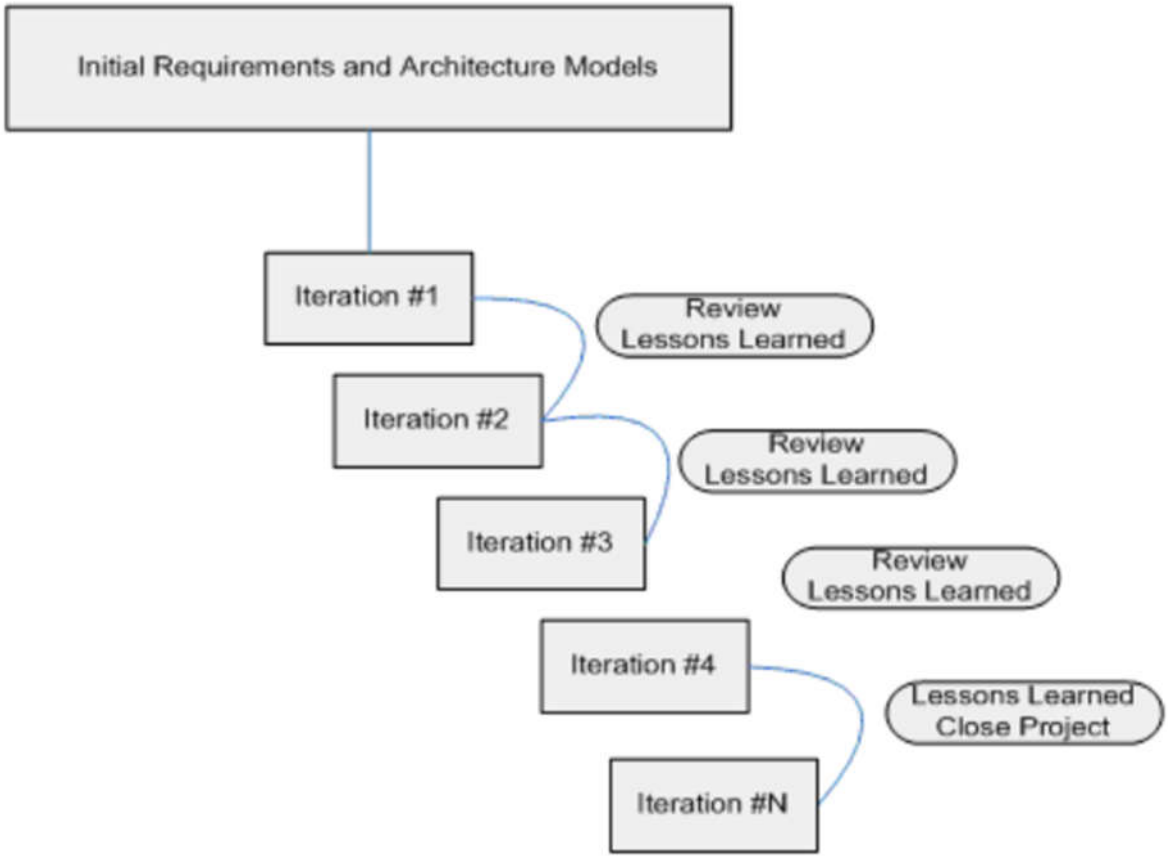


Figure VI.1: Modèle de développement agile (Balaji et Murugaiyan, 2012)

Elle génère un produit de haute qualité tout en prenant en compte l'évolution des besoins des clients (Rota V. M., 2010). Le cycle de développement Agile est divisé en petits segments dits « itérations » (Figure VI.*1*). Entre les étapes du cycle de développement traditionnel (Leau et al., 2012), les principes suivants sont élaborés à chaque itération :

1- Satisfaire le client en livrant dans le plus bref délai des fonctionnalités à forte valeur aux besoins dans l'immédiat de l'utilisateur ;
2- Accepter les mises à jour de la demande ;
3- Livrer régulièrement des fonctionnalités opérationnelles ;
4- Echanger périodiquement entre le client, l'équipe développeur et l'expert du métier;
5- Entretenir la motivation des promoteurs du projet ;
6- Privilégier les réunions de compte rendu pour avoir les feed-back en faveur d'avancer le projet ;
7- Mesurer l'avancement du projet en termes de fonctionnalités ;
8- Assurer la soutenabilité du projet sur le long terme en favorisant un rythme constant ;

9- Minimiser les gadgets, mais privilégier la raison d'utilité ;

10- Responsabiliser les parties prenantes et les laisser s'organiser ;

11- Ajuster régulièrement les processus pour améliorer l'efficacité.

La méthode Agile est un ensemble de méthodes ayant des facteurs d'excellence technique et de productivité et intègre une méthode pour l'amélioration de la cohésion de l'équipe de développement, ainsi que la rapidité du processus du développement. Elle dérive de différentes méthodologies (Kumar et Dubey, 2015) dont les plus connues sont le XP (eXtreme Programming), le Cristal, le SCRUM, et le FDD (Feature – Driven Developpement). La conception d'un logiciel centrée utilisateur qui intègre l'approche ergonomique utilise la méthode Agile (Proulx J.-F. , 2010). Leurs processus exploitent les changements pour donner un avantage compétitif à la réponse aux besoins de l'utilisateur.

« αβGasy@mobile » est une plateforme d'apprentissage conçue centrée utilisateur. La conception et la réalisation font partie d'une recherche–action, alors les rapports qualité sont établis à partir des résultats obtenus de l'expérimentation et seront confrontés avec les études théoriques. Dès lors, l'itération (Figure *VI.1*) entre les bénéficiaires et les développeurs est plus forte tout au long de la conception. Cette partie sera détaillée à la section **Méthode SCRUM**

VI.1.3 Comparaison Méthode Traditionnelle et Agile

La synthèse élaborée par le chercheur et son équipe, dans la Figure VI.*2*, présente les différences majeures par thème entre les approches traditionnelles et une approche Agile.

Tableau VI.1 : Différence entre approche traditionnelle et approche agile *(Rota M. V., 2010)* (Leau et al., 2012), *(Li, 2010)*, (Mahalakshim et Sundararajan, 2013)

Thème	**Approche traditionnelle**	**Approche agile**
Cycle de vie	En cascade ou en V, sans rétroaction possible, phases séquentielles.	Itératif et incrémental.
Échelle du projet	Bas à échelle moyenne	À grande échelle
Exigences	Connaissable tôt, largement	Emergent
Coût de reprise	Élevé	Faible
Planification	Prédictive, caractérisée par des plans plus ou moins détaillés sur la base d'un périmètre et d'exigences définies et stables au début du projet	adaptatif avec plusieurs niveaux de planification (macro et micro planification) avec ajustements si nécessaires au fil de l'eau en fonction des changements survenus.
Test	Après la phase de codage terminée	À chaque itération

Thème	Approche traditionnelle	Approche agile
Documentation	Produite en qualité importante comme support de communication, de validation et de contractualisation.	Réduite au strict nécessaire au profit d'incréments fonctionnels opérationnels pour obtenir le feedback du client.
Équipe	Une équipe avec des ressources spécialisées, dirigée par un chef de projet	Une équipe responsable où l'initiative et la communication sont privilégiées, soutenues par le chef de projet.
Qualité	Contrôle qualité à la fin du cycle de développement. Le client découvre le produit fini.	Un contrôle qualité précoce et permanent, au niveau du produit et du processus. Le client visualise les résultats tôt et fréquemment.
Changement	Résistance voire opposition au changement. Processus lourds de gestion des changements acceptés.	Accueil favorable au changement inéluctable, intégré dans le processus.
Suivi de l'avancement	Mesure de la conformité aux plans initiaux. Analyse des écarts.	Un seul indicateur d'avancement : le nombre de fonctionnalités implémentées et le travail restant à faire.
Gestion des risques	Processus distinct, rigoureux, de gestion des risques.	Gestion des risques intégrée dans le processus global, avec responsabilisation de chacun dans l'identification et la résolution des risques. Pilotage par les risques.
Mesure de succès	Respect des engagements initiaux en termes de coûts, de budget et de niveau de qualité	Satisfaction client par la livraison de valeur ajoutée.

Cette comparaison au Tableau *VI.1* souligne que le projet à grande échelle et évolutif doit intégrer des équipes à différentes spécialités performantes. À cet effet, les changements engendrés par l'innovation numérique au produit final sont gérés d'une façon attendue entre les équipes de développeurs et le client.

VI.2 Méthode de développement d'un module d'application

Un module d'une application est un élément constitutif de l'application destiné à être incorporé en tant qu'une pièce détachée. Les modules facilitent le travail d'un informaticien pour identifier les fonctionnalités sur un seul domaine de l'application. L'interconnexion de ces domaines avec la mise à jour qui peut être partielle ne simplifie pas les techniques de conception. Différents modules constituent un système complexe dont la conception est compliquée. En 2000, l'ingénierie dirigée par les modèles (IDM), ou Model Driven Engineering (MDE) en anglais, a permis plusieurs améliorations significatives dans le

développement des systèmes complexes en permettant de se concentrer sur une préoccupation plus abstraite que la programmation classique (Combemale, 2008). Il s'agit d'une forme d'ingénierie générative dans laquelle tout ou partie d'une application est engendrée à partir de modèles. Il y a aussi la « Méthode d'Analyse et de Conception d'Applications Orientées-objets » ou MACAO, une méthode qui propose différents types de modèles qui aident les informaticiens à créer facilement les logiciels dont « Graphical User Interface ou GUI » fait partie. De par ses caractéristiques et ses techniques de représentation, MACAO représente une des plus douces et progressives façons d'implémenter une interface homme-machine (Ferry, 2008). Notre approche sur l'implémentation est basée sur la méthode MACAO et l'approche IDM, des étapes de transformations sur les modèles GUI en IHM interactive. Le processus de modélisation pour notre IHM sera détaillé plus loin. Avant la description de la méthode MACAO, définissons d'abord le processus de l'IDM dans le paragraphe suivant.

VI.2.1 Ingénierie Dirigée par le Modèle

L'Ingénierie Dirigée par le modèle ou IDM est un nouveau paradigme du génie logiciel qui place les modèles comme base de conception et de modélisation dans un cycle de développement du logiciel. Il est le domaine informatique mettant à disposition des outils, les concepts et le langage pour créer et transformer des modèles. L'IDM a été fortement amplifié à la fin du XX siècle lorsque l'organisme de standardisation OMG (Object Modeling Group) (Figure *VI.2*) a rendu publique son initiative MDA (Model Driven Architecture). Ce module aborde l'IDM à la fois dans les aspects modélisation, transformation et application industrielles (Blay-Fornarino, 2008).

Au cycle de développement du logiciel, l'IDM proposé par OMG (Figure *VI.2*) a le rôle d'unificateur de l'ingénierie des modèles (Jézéquel et al., 2006). Lors du développement d'un logiciel, le problème repose sur la manière d'intégrer la qualité avec des spécifications continuellement mouvantes. Le refactoring, par exemple, modifie les codes pour ceux qui s'adaptent à la structure de la nouvelle fonctionnalité. Avec les nombreuses innovations en numérique, l'approche par des modèles et des transformations automatiques entre les modèles gère cette modification au niveau du changement de fonctionnalité et de structure.

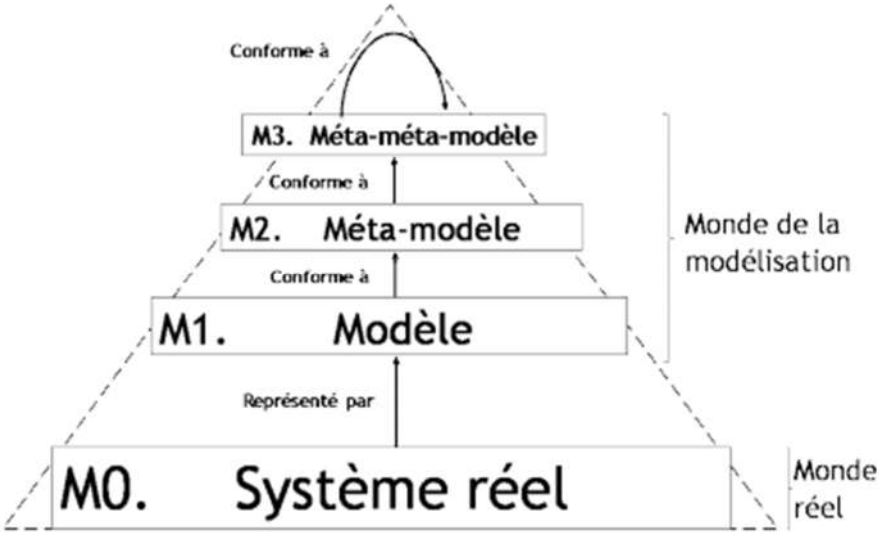


Figure VI.2: Processus OMG *(OMG, 2014)*

Pour l'IDM basée sur l'approche MDA Figure *VI.2* et Figure VI.4, ces niveaux de modélisation correspondent à M0 = CIM (Computational Independent Model). C'est l'élaboration de modèles d'exigence dans lesquels aucune considération informatique n'apparaît; M1 = PIM (Platform Independent Model) est l'élaboration de modèles d'analyse et de conception avec le PDM (Platform Description Model); M2 = PSM (Platform Specific Model) correspond au code et M3 = MOF (Meta Object Facility), celui-ci permet de définir l'ensemble des concepts ainsi que les relations entre les concepts indispensables pour l'expressivité des modèles.

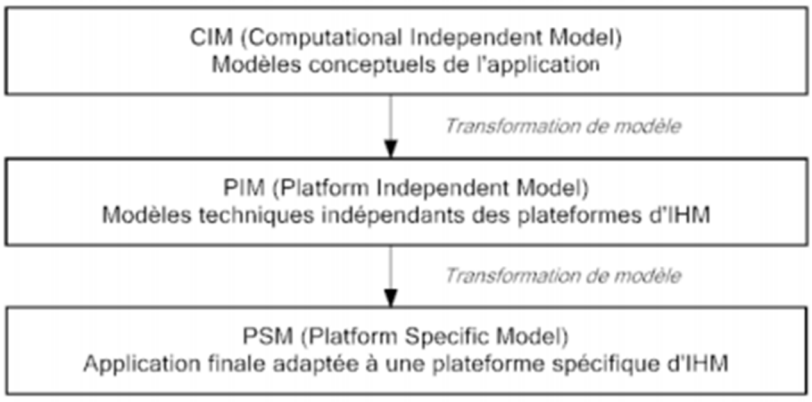


Figure VI.3: Représentation globale de l'Approche MDA vue sous l'angle de l'IHM *(Armand, 2008)*

Les avantages de cette approche avancée par l'OMG sont (Le pallec, 2014) :

L'interopérabilité : il est plus facile de spécifier des liens entre systèmes (dans des contextes d'intégration ou d'interopérabilité) à l'aide de termes indépendants des plateformes utilisées, les aspects technologiques pouvant être traités dans un second temps.

La validation : il est plus facile de vérifier l'exactitude et la correction à l'aide d'un modèle (en particulier PIM) plutôt qu'avec du code.

Le Multi-plateforme : les PIM permettent de produire des implémentations sur différentes plateformes, avec peu ou pas de différences fonctionnelles entre elles, car basées sur le même modèle de structure et de comportement.

IDM est basé sur le modèle, tandis que MACAO est basé sur la conception orientée objet qui va vers plus de détails que le modèle pour un système complexe et interactif. La description de MACAO est l'objet du paragraphe suivant. Notre plateforme intègre l'IHM avec la taxonomie de compétence au numérique. Cette option exige une méthodologie avancée pour que l'exécution soit automatique. Les avantages du processus OMG offrent ces services d'automations.

VI.2.2 MACAO

La « Méthode d'Analyse et de Conception d'Application Orientées-objets » ou MACAO est le fruit d'une synthèse d'expériences passées sur le terrain avec l'utilisation de différentes méthodes existantes auxquelles elle ajoute plusieurs innovations notamment l'approche centrée utilisateur pour la conception de l'interface homme-machine (Ferry, 2008). Dans l'implémentation d'une interface homme-machine d'une façon progressive, MACAO représente une des plus douces techniques et critères de représentations qui utilise le modèle Schéma Navigationnel d' IHM ou (SNI).

MACAO adopte une démarche regroupant quatre paliers (Figure *VI.4*) dans la réalisation d'un logiciel qui sont l'analyse globale du système, la conception globale, le développement, et la finalisation. L'analyse globale et la conception globale traitent les besoins. L'étape de développement est une phase itérative qui produit les prototypes par incréments successifs. Cette étape est elle-même décomposée en plusieurs sous étapes pour élaborer un prototype. Enfin, l'étape de finalisation correspond au dernier prototype et elle intègre la préparation de la livraison.

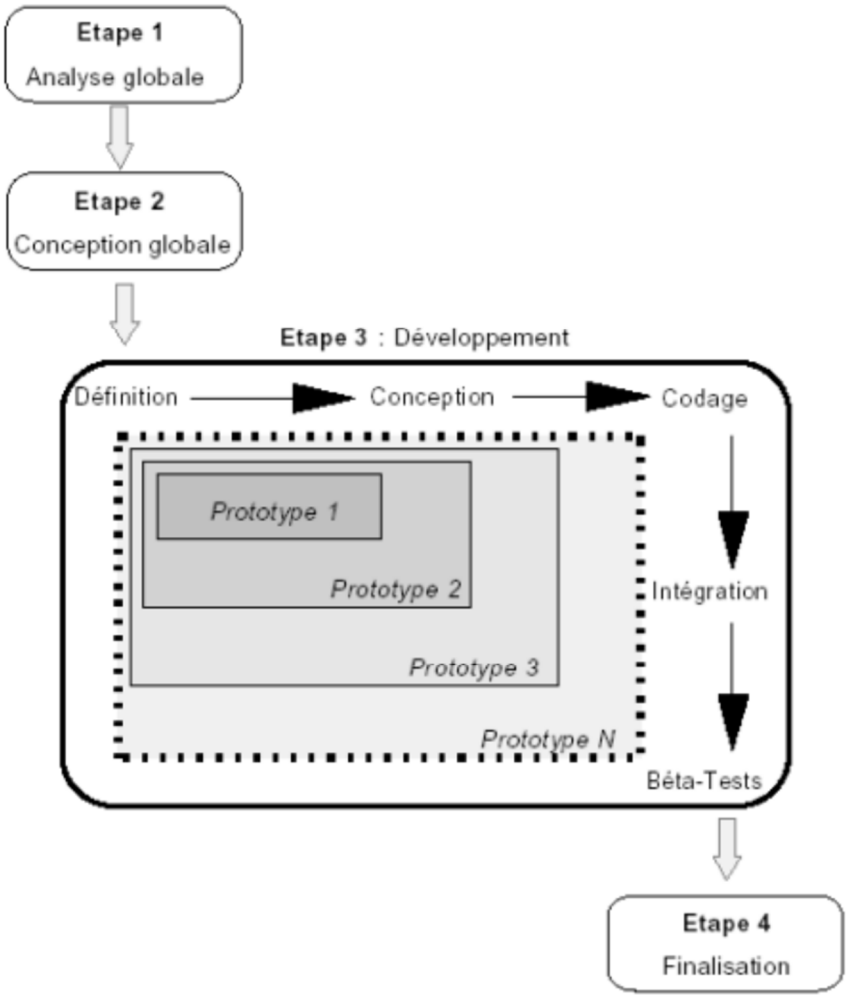


Figure VI.4: Les étapes du Processus MACAO N *(Ferry, 2008)*

Le cas général, la méthode MACAO utilise les modèles d'IHM dès l'étape d'analyse globale pour l'acquisition des exigences, de la conception globale pour décrire l'architecture de l'IHM, et du développement pour réaliser des maquettes et générer le code logiciel de l'IHM (Ferry, 2008). Pour cela, MACAO propose trois niveaux (Tableau *VI.2*) de modèles qui en font l'originalité. L'intérêt est de pouvoir préciser les frontières, sur la figure de l'IHM entre le « Quoi-Fonctionnel » de la phase d'analyse, le « Comment-Technologie » de la phase de conception et le « Comment-Visuel » de la phase présentation finale. Nous savons bien que la couche IHM est l'élément situé à la frontière entre l'utilisateur et le système d'information ou la machine.

Tableau VI.2 : Les schémas de la méthode de MACAO suivant le niveau d'approfondissement de l'IHM *(Ferry, 2008)*

Niveau	**Schémas / diagrammes**	**Périmètre**
Conceptuel	SNI	Quoi-Fonctionnel
Logique	SEF, SEP, SEM (SE), SES (jean bernard Crimpe) DEF, DEP, DEM (DEV)	Comment-Technologique Comment-Visuel
Physique	Maquettes, Code	Le résultat (Codage)

Avec SNI : Schéma Navigationnel de l'IHM ; SEF : Schéma d'Enchaînement de Fenêtres ; SEP : Schéma d'Enchaînement des pages ; SEM : Schéma d'Enchaînement Multimodal ; DEP : Définition des Pages ; DEF : DEfinition des Fenêtres ; DEM : DEfinition Mutlimodale. MACAO dispose des outils VisualSNI et VisualSEF pour concevoir et modéliser les maquettes de l'IHM.

Ainsi au niveau conceptuel, le SNI définit la navigation globale dans une IHM abstraite. Le niveau logique raffine le niveau précédent et permet de prendre en considération des domaines technologiques spécifiques. La maquette au niveau physique a pour objectif de présenter à l'utilisateur une vision réelle des objets de l'IHM et est couplée au code puisqu'elle est le résultat applicatif. Le passage d'un niveau à l'autre se fait au moyen d'outils et de langages de transformation de modèles permettant de générer le squelette du code source relatif à l'IHM.

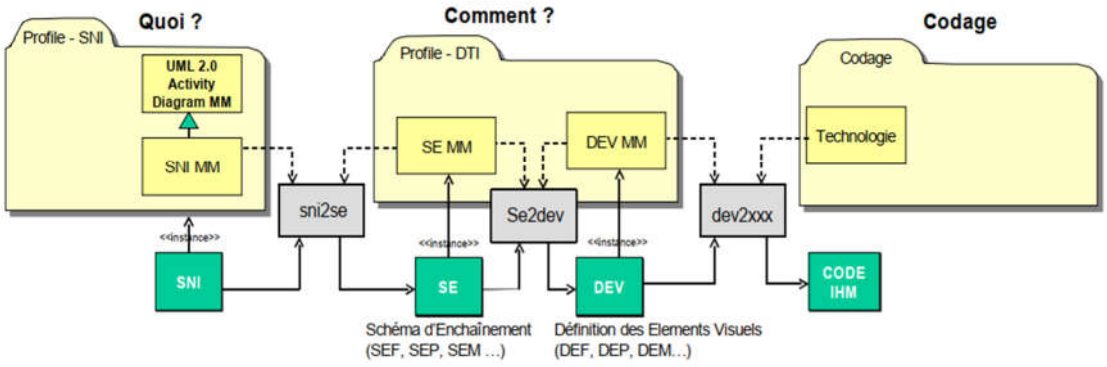


Figure VI.5: Architecture de l'axe IHM avec transformateurs pour les passages de diagrammes de niveaux différents. *(Ferry, 2008)* avec MM est métamodèle

Le schéma (Figure *VI.5*) est la conception d'un IHM à partir de modèles de niveaux d'abstraction différents. Le Schéma Navigationnel des IHM au niveau conceptuel peut être transformé en Schéma d'Enchaînement (partie dynamique) puis enrichi avec la Définition des

Éléments (partie statique) avant que le code de l'IHM ne soit entièrement généré. La transformation de modèle fait partie du Model Driven Engineering ou Ingénierie Dirigée par les Modèles.

Inspirée par l'approche, nous nous appuyons sur elle pour concevoir les étapes GUI dans la conception de différentes IHM de l'application « alfabetgasy ».

Chapitre VII. Les composants et les lieux de la modélisation

VII.1 La transposition informatique de la didactique mathématique de Nicolas Balacheff

D'après Nicolas Balacheff, la transposition informatique est le processus fondamental pour la représentation de la connaissance à transmettre à travers le design et l'implémentation dans un environnement informatique pour l'apprentissage. L'informatisation ne constitue pas une simple transformation, les environnements informatiques d'apprentissage résultent d'une construction qui est le lieu de transformations nouvelles des objets d'enseignement. Le processus mis en œuvre est la transposition informatique (Balacheff, 1993). La modélisation computable est évaluée à partir de la capacité à mettre en œuvre un modèle symbolique de façon autonome par un dispositif informatique lieu de son implantation. Ce dispositif informatique est composé de trois régions :

- L'**univers interne (**Figure VII.1**)** est composé des divers composants électroniques dont l'articulation et la mise en œuvre permettent le « fonctionnement » du dispositif informatique. La représentation opérationnelle de cet univers est donnée par les langages de programmation. On a constaté deux types de contraintes fondamentales au sens où les progrès techniques ne permettront pas de s'affranchir totalement de la problématique. Il s'agit de la granularité et la compilation, la représentation des données. La granularité et la compilation sont liées aux concepts de l'IA. Elles sont sources de problèmes complexes pour le développement d'environnement qui auraient des capacités d'explication soit pour répondre à une demande directe de l'apprenant, soit pour soutenir une intervention sur l'apprentissage (Delozanne, 1992) cité par (Balacheff, 1993). La représentation des données implique une structure des données qui détermine des contraintes de traitement.
- L'**interface (**Figure VII.1**)** est le lieu de la communication entre l'utilisateur humain et le dispositif informatique. Elle est le lieu de la *réification* des connaissances : visualisation et manipulation directe d'entités abstraites donnant à voir des comportements évocateurs de leurs propriétés. Pour l'**« αβGasy@mobile »,** l'Interface Homme-Machine est le lieu de communication. La discipline SIC intervient dans la conception des caractéristiques de l'IHM à proposer, notamment dans la conduite des travaux de recherche sur l'étude de leur comportement, et la discipline informatique sur la conception technique. Une grande partie de notre contribution dans la thèse se trouve dans cette partie.

- L'**univers externe** est le lieu dans lequel se trouve l'opérateur humain et où lui sont éventuellement accessibles d'autres dispositifs, notamment en relation avec les connaissances en jeu dans le dispositif informatique. Pour l'**« αβGasy@mobile »,** l'apprenant est l'opérateur humain, il peut être en relation avec la connaissance sur le mode de fonctionnement du smartphone.

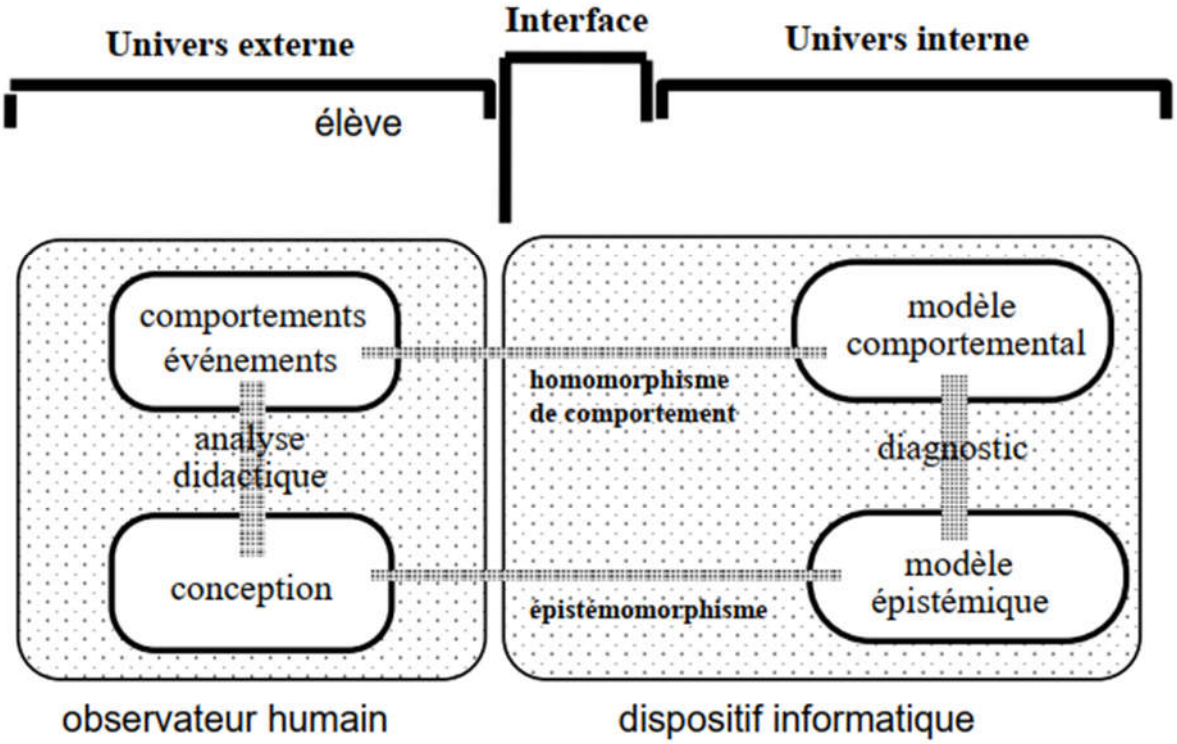


Figure VII.1: Le parallélisme entre l'agent humain et l'agent artificiel *(Ballachef, 1994)*

« Conception », « comportements » et « événements » ne sont pas des données du « réel », mais le résultat d'une construction et donc d'une modélisation par l'observateur (Ballachef, 1994). Sur la suite de notre travail de recherche, nous nous intéressons à la représentation des connaissances de base à transmettre à travers un outil numérique aux utilisateurs qui n'ont pas la capacité à lire et à écrire correctement. Pour cet outil, l'univers interne développe les concepts techniques, tandis que l'interface n'est qu'un outil de visualisation et de manipulation qui est à son tour étudié comme un support de communication numérique entre le destinataire et l'expéditeur. L'univers externe est représenté par les utilisateurs ou les apprenants analphabètes dans le cas d'étude.

Rappelons que l'objectif de ce document vise à mettre en place un environnement numérique adapté à la compétence de l'apprenant. Notamment, l'outil d'apprentissage doit être capable d'interagir avec le niveau de compétences de chaque apprenant. Avec les compétences initiales des apprenants, les propriétés de l'interface jouent un rôle important sur

la garantie à la continuité de la formation pour atteindre l'objectif de la formation. Pour répondre aux exigences de cet environnement, et avant d'interfacer la visualisation, nous définissons notre propos sur l'univers interne que Ballachef a défini dans le paragraphe suivant.

VII.2 L'univers interne « αβGasy@mobile »

L'univers interne (Figure VII.1) est la présentation du modèle comportemental et le modèle épistémique à travers les outils électroniques et les programmations en langages informatiques (Ballachef, 1994). La modélisation comportementale exige un premier niveau d'interprétation de l'organisation du réel « perçu ». Et la modélisation épistémique appelle un travail d'interprétation sur les données produites au niveau comportemental. Notre apport aux travaux de recherche se trouve dans l'univers interne qui permet une représentation symbolique et la mise en œuvre de cette représentation par l'univers externe.

Sur la définition de Ballachef, le modèle comportemental sur la Figure VII.1 est un travail du didacticien par l'étude du comportement de l'élève, à partir duquel est construit un modèle de connaissance appelé « conception » Artigue 1990 cité par (Ballachef, 1994). La validation sera confirmée à partir de sa valeur opératoire pour une problématique donnée, voire sa valeur explicative au sein d'un cadre théorique bien déterminé, mais elle ne peut le légitimer comme reconstitution de la structure mentale effective de l'élève (Ballachef, 1994). Il définit aussi le modèle comportemental de l'apprenant par la succession des événements-logiciel recueillis au cours d'une session.

Dans notre univers interne, nous travaillons sur le modèle comportemental de l'apprenant pour lui offrir une interface adaptée à ses compétences. Des travaux de recherche sur le modèle comportemental sont basés sur les traces des interactions de l'apprenant avec le système (Nogri et al., 2004), (Sanchez, 2011). Nous nous appuyons sur la trace numérique comme source d'information qui permet d'élaborer un modèle comportemental et épistémique de l'apprenant. Cela nous introduit à comprendre les concepts des traces d'interactions dans le paragraphe suivant.

VII.3 Les traces numériques d'interaction à l'inscription de connaissances

Différents travaux de recherches portent sur l'étude de la trace numérique. Dans ce paragraphe, nous parlons de certains de ces travaux de recherche pour qu'on puisse choisir la technique de résolution adaptée à notre objectif.

Alain Mille a confronté la logique d'utilisation et la logique de conception pour en déduire la théorie de la trace informatique (Mille et Prie, 2006). La trace d'interaction informatique est le support de facilitation de la gestion de hiatus par utilisateur. « Facilitation » signifie l'action de rendre l'utilisateur apte à comprendre l'environnement par rapport à ses propres utilisations et la capacité de s'approprier les possibilités d'interaction offertes dans le cadre de l'utilisation propre. Il a utilisé le modèle MUSETTE ou « Modéliser les Utilisations et les Tâches pour Tracer l'Expérience » pour parvenir à décrire les interactions et la modélisation de l'utilisation. L'approche MUSETTE (Figure VII.2) articule le niveau du traçage et celui de la réutilisation d'épisodes d'utilisation. Le schéma se lit de la façon suivante : un utilisateur interagit avec un environnement (système). Un agent observateur, guidé par un modèle d'observation[30], génère à partir de ces interactions une trace primitive[31] respectant un modèle d'utilisation. Un analyseur générique de traces en extrait alors des épisodes, en accord avec des signatures de tâches expliquées[32]. Ces épisodes sont réutilisés par des agents assistants, dont l'action peut être soit spécifique avec des agents clairement distincts du système, soit intégrée grâce au système lui-même.

[30] Un modèle d'observation décrit les règles nécessaires à la détermination des données pertinentes issues de l'environnement et à la construction effective de la trace primitive. Il n'est pas spécifié dans l'approche MUSETTE et doit être adapté à chaque environnement observé.

[31] La trace primitive est structurée selon deux types de structures : les états, regroupant des entités, et les transitions regroupant des évènements.

[32] Signatures de Tâches Expliquées ou SiTEx est un motif interactionnel que les utilisateurs reconnaissent dans une trace comme typique d'une tâche qu'ils peuvent alors expliquer. Elle contient : les **motifs** de graphe constitués d'objets d'intérêt (OI) et leurs relations, les **contraintes** relatives aux positions (distances relatives) des OIs dans la trace, les **contraintes** sur la structure interne des objets d'intérêt.

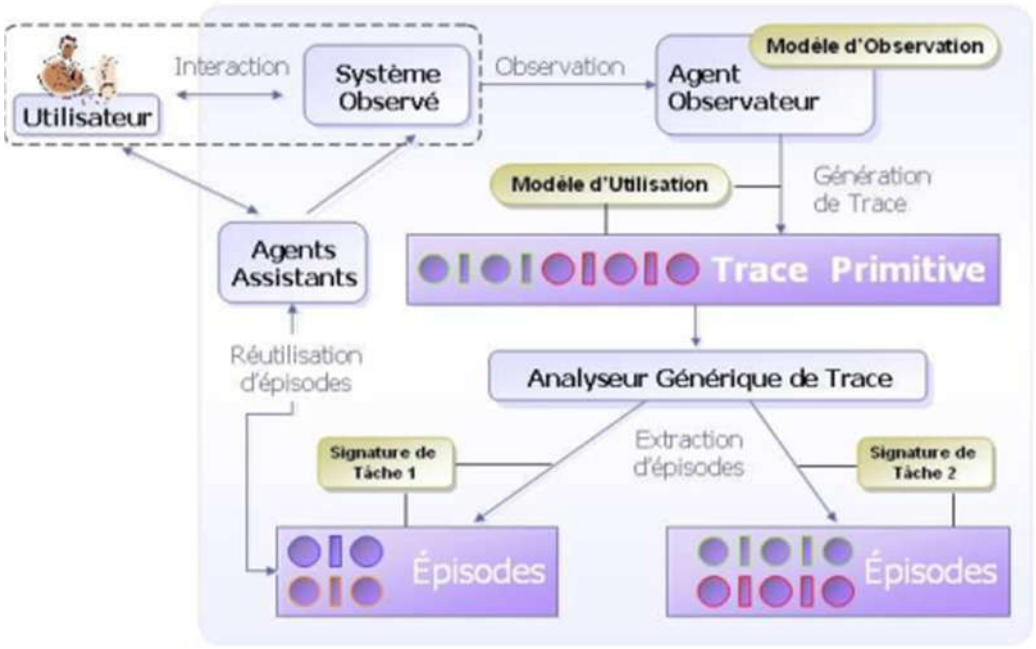


Figure VII.2: Approche Musette (Miller et Prié, 2006)

Cette méthode a servi au chercheur pour définir la trace d'interaction comme un élément facilitateur pour l'appropriation d'un environnement informatique. Elle s'applique à de nombreuses activités ou situations comme la conception des tâches collaboratives, l'apprentissage humain à un EIAH, le partage et la réutilisation d'ontologies. Dans la mesure où il est possible de générer les traces à partir d'une démarche explicite de modélisation de l'utilisation, l'approche MUSETTE facilite également le développement d'ateliers pour l'analyse de situations d'utilisation d'environnements techniques instrumentés. Pour Mille et ses équipes, la trace est un objet informatique élémentaire constituant des *Objets d'Intérêt* (OIs) de trois types *:* entités, évènements et relations :

- Les **entités** sont des objets « présents » pour l'utilisateur dans son interaction ;
- Les **évènements** des objets qui « ont lieu », qui « se passent », durant cette même interaction ;
- Les **relations** peuvent lier indifféremment des entités et/ou des évènements.

Elle est aussi une séquence d'états et de transitions.

Par ailleurs, les spécialistes en IA s'appuient sur la trace numérique pour collecter les données numériques de l'utilisateur. « Kernel of Trace Based Systems » ou « KTBS » de (Champin et Conil, 2018) est un système à base de trace qui repose sur l'architecture « Ressource Description Framework » ou RDF tiré d'un « Environnement Informatique pour

l'Apprentissage Humain » ou « EIAH ». Ces chercheurs ont défini **la trace** comme une activité réalisée qui se compose d'un ensemble d'éléments observés. Un modèle de trace est constitué par un type de l'élément à observer ou « obsel[33] », une unité temporelle et un temps ou un événement de début de trace. Chaque type d'obsel possède un nombre arbitraire d'attributs (Figure *VII.3*) et on peut définir des relations entre ces différents types d'obsels.

L'utilisation de KBTS est difficilement accessible à des analystes ne maîtrisant pas des technologies RDF ou SPARQL. C'est pourquoi l'équipe de TWEAK propose la plateforme « – Learning Analytics » ou « KTBS4LA » (Casado et al., 2016). C'est une plateforme d'analyse de traces fondée sur une modélisation sémantique des traces.

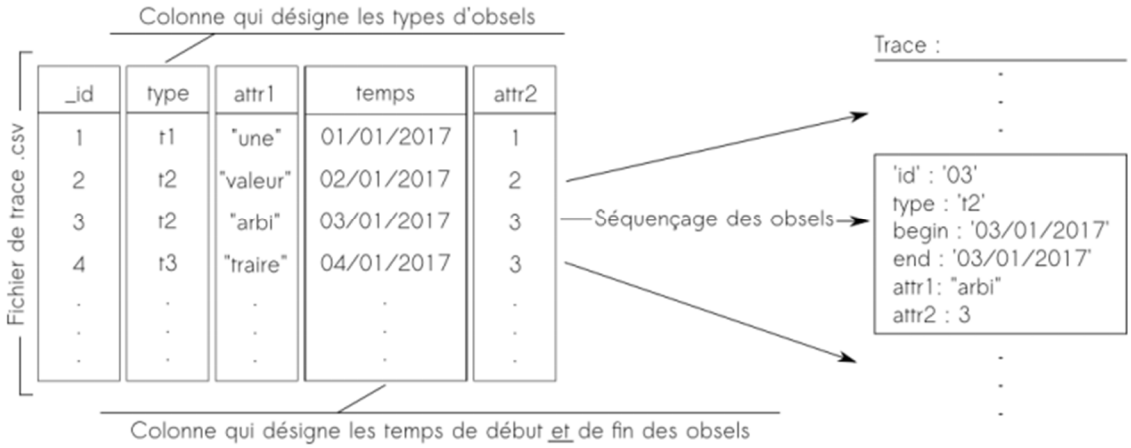


Figure VII.3: Schéma de fonctionnement KTBS4LA (Casado et al., 2016)

Le composant KBTS4LA destiné à la gestion des différents éléments stockés dans KTBS fournit un graphe de visualisation des traces. L'analyste explore les traces importées via un outil de visualisation qui se présente sous forme d'une timeline.

Un autre concept de Système à Base de Trace ou « SBT » est développé par (Tarek et al., 2009) dans un EIAH. Pour eux, la trace est explicitement composée d'objets arrangés et inscrits par rapport à une représentation du temps de l'activité tracée (Figure *VII.4*). Dans ses définitions, la trace est une représentation du temps de l'activité tracée ou « extension temporelle ». L'expression « **domaine temporel**» est définie par « un domaine temporel T

[33] Un Obsel est constitué par : une date de début et une date de fin situant l'obsel dans le temps de l'activité, ces deux dates peuvent éventuellement être égales ; un sujet (l'agent dont l'activité est observée) ; un type rattachant cet obsel à une catégorie explicite d'éléments observés ; un ensemble d'attributs de la forme « type d'attribut, valeur » (Champin, Mille, & Prié, 2013)

qui est un ensemble dénombrable d'instants. Une fonction bijective Succ $T : T \to T$ associe à chaque instant son successeur, définissant un ordre total $\leq_t$ dans T .

À l'intérieur d'un domaine temporel donné, une trace décrit seulement un intervalle fini de temps. Et c'est cet intervalle qu'ils appellent l'extension temporelle de la trace.

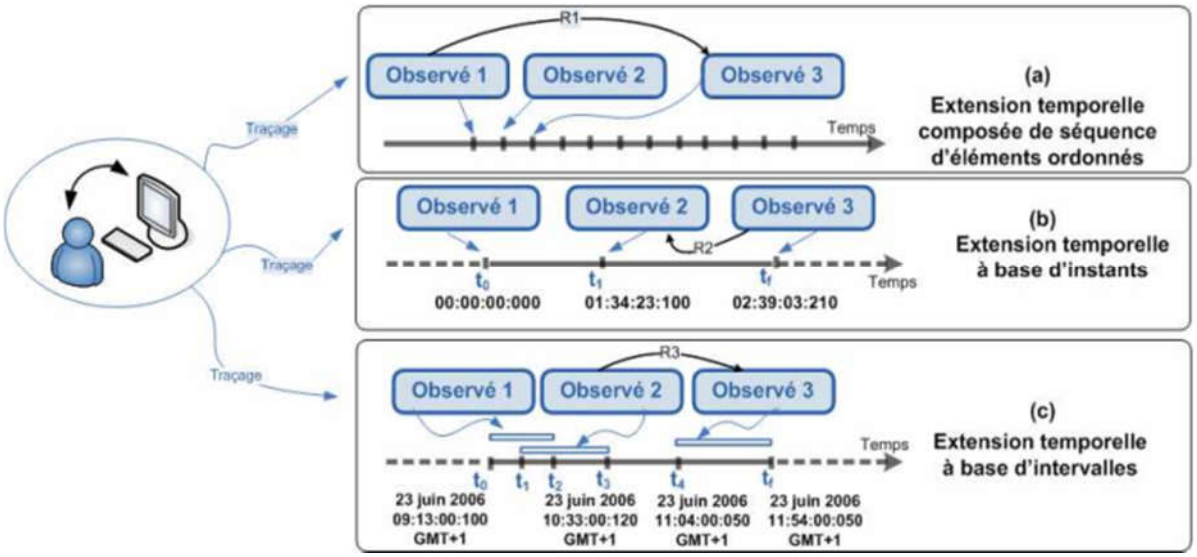


Figure VII.4: Trace, observés et extension temporelle de l'activité (Tarek et al., 2009)

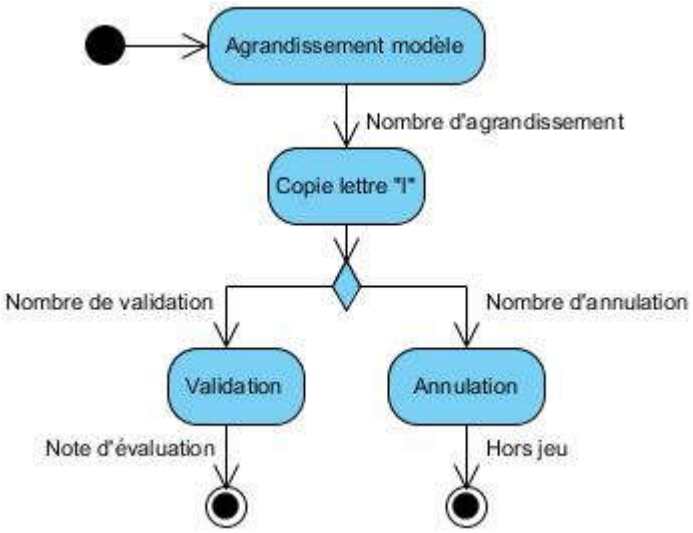
L'expression « **extension temporelle** » est définie dans un domaine temporel T , une extension temporelle ξ_T est un élément quelconque de $I(T)$ (avec $I(T)$ l'ensemble de tous les intervalles finis sur T . L'approche ne retient que trois types de transformations : sélection, réécriture de motifs et fusion temporelle. Alors que l'indicateur d'analyse n'est pas systématiquement temporellement situé et que son établissement est une transformation à partir d'autres indicateurs et données (Choquet et Iksal, 2007). Choquet a défini la trace (Figure VII.4) comme la collection d'observés temporellement située. « Observé » est toute information structurée issue de l'observation d'une interaction. Un observé est dit « temporellement situé » dès le moment où il est associé à une partie de l'extension temporelle de la trace à laquelle il appartient.

L'équipe de recherche dirigée par Champin se base sur l'approche MUSETTE pour étudier l'ingénierie des systèmes interactifs et complexes. Cette approche mobilise le processus de modélisation par niveau. Une autre équipe de recherche sur la trace informatique utilise le SBT de la plateforme KTBS qui s'inspire de l'approche MUSETTE pour établir son concept de trace en intégrant le paramètre temporel pendant l'utilisation (Champin et al.,

2004). En outre, la trace et le modèle de trace sont les éléments de base du SBT-modélisée de (Tarek et al., 2009) avec les dimensions temporelles de l'activité. Pour une étude de la trace avec une page web à différents niveaux de section, cette dernière approche est la plus appropriée avec l'intégration du paramètre « domaine temporel ».

Pour l'application « alfabetgasy » qui sera utilisée avec le système Android[34], nous prenons les concepts de trace définis par le modèle de trace basé sur les séquences de la réalisation des activités pédagogiques et se déroulent dans la plateforme (Tableau VII.1). Ce choix est basé sur la taille du processus à la réalisation des activités pédagogiques et pour l'optimisation du temps d'exécution. Dans la version actuelle de notre étude, une page web mobile, source de trace d'interactions, ne contient aucune section. Le modèle de trace proposé par KTBS ressemble au modèle de trace séquentiel. Nous avons adopté la théorie de graphe orientée au processus de la conception de notre modèle de trace.

Tableau VII.1 Modèle de trace sur l'application « αβGasy@mobile »

Scénario d'activité pédagogique	**Modèle de connaissance numérique**
Objectif apprendre à écrire la lettre « l »	Les traces des interactions et leur type
	Menu exercice écriture : Nombre d'interaction sur le modèle ; Durée d'intervention ; Nombre d'interactions sur la validation : Nombre d'interactions sur l'annulation : Note d'évaluation : Statut :

Le diagramme d'activité UML qui représente le scénario d'activité pédagogique pour apprendre à écrire la lettre « l » (Tableau VII.1) nous permet d'identifier un modèle

[34] Système d'exploitation qui rend les appareils mobiles fonctionnel (Gilski & Stefanski, 2015).

d’utilisation et aussi le modèle de tâche. C'est à partir de celui-ci qu’on enregistre le modèle de trace informatique dans notre étude.

Nous avons le modèle comportemental de l’apprenant à partir des études épistémiques basées sur la trace d’interaction. Ballachef a mentionné deux types de contraintes liées à l’explication d’un modèle computable. Il s’agit la granularité et la compilation d’une part qui interagissent étroitement, et la structure de données d’autre part. Quant au choix des outils de représentation des connaissances, on détermine largement les possibilités ou la forme de leur traitement. Nous exposons dans le paragraphe suivant la première contrainte de Ballachef pour se servir d’elle afin qu’on puisse formaliser les concepts de base de notre application.

VII.4 Les concepts de l’Intelligence Artificielle

La terminologie « Intelligence Artificielle » ou IA est apparue en 1956 (Russel et Norvig, 2010). L’IA est une branche de l’IT qui tend, à l’aide de machines, à reproduire l’intelligence humaine en l’imitant par l'exécution de tâches. L’originaire et fondateur de l’Intelligence Artificielle, A. Newell et H.A. Simon, ont défini l’IA comme un secteur d’informatique ayant trait à la résolution de problèmes à travers la représentation des connaissances ou le traitement symbolique de l’information (Pomian, 1987). Ce traitement de l’information nécessite non seulement des outils mathématico-logiques de représentation éventuellement nouveaux, mais aussi à l’évidence des outils algorithmiques efficaces d’autant plus que les quantités des données ou d’informations à traiter sont souvent très importantes (Dubois et Prade, 2001).

Dans le domaine de formation, comme dans notre cas, les outils numériques adaptés aux utilisateurs sont au cœur de l’apprentissage numérique. Les traces d’apprentissage se transforment en données de base pour le traitement des besoins ou les informations (Mille A., 2013). C'est à partir de ces traces et des algorithmes que les traitements des informations se réalisent. Elles sont donc les sources des connaissances pour l’analyse du système informatique et la pertinence des résultats est en fonction de la taille des données (Seymor et al., 2019).

VII.5 La didactique computationnelle de Nicolas Balacheff

L'objet de la didactique computationnelle est l'étude des problèmes liés à la construction, à la mise en œuvre et au contrôle de processus didactiques représentés par des modèles symboliques calculables au sens du calcul par un dispositif informatique[35]. Cette branche de la didactique est inséparable de la didactique expérimentale. Privée du questionnement épistémologique et de la validation de ses implémentations dans une démarche expérimentale rigoureuse, elle ne serait que la forme savante d'une ingénierie innovante, pédagogique ou technologique, de sens commun.

La didactique computationnelle a aussi pour objet des questions spécifiquement didactiques, dont la principale peut être formulée abruptement en posant la question de savoir ce qui est calculable dans les processus didactiques. La prise en charge par la machine d'un processus didactique conduit à poser la question de la modélisation calculable de la dévolution, de l'institutionnalisation, voire du contrat. En fait, il est probable qu'une part seulement de chacun de ces phénomènes didactiques sera modélisable pour être calculée. Ces questions ne peuvent donc être considérées qu'au sein d'une problématique envisageant le dispositif informatique comme partie d'un système plus global qui le comprend : le système didactique. D'autres questions entrent dans le champ commun de la didactique expérimentale et de la didactique computationnelle: les coopérations possibles entre environnements informatisés et enseignants, les conditions de ces coopérations, la nature du contrôle possible de la part de l'enseignant, passage d'information, gestion de la mémoire de la classe comme problème de la continuité des processus didactiques, mais aussi problème explicite des choix d'informations à conserver par le système.

Différents contextes liant l'utilisateur avec l'utilisation sont à étudier lors de la conception d'une application centrée utilisateur.

Le concept clé qui a émergé de la problématique initiale est le concept de fidélité ou l'étude des rapports entre la connaissance représentée et la représentation elle-même d'où la didactique computationnelle.

[35]https://www.researchgate.net/publication/32231147_Didactique_computationnelleevocation_d'un_projet_de_recherche, N. Balacheff DidaTech Laboratoire LSD2 CNRS et UJF, Grenoble, repéré le 16 janvier 2020.

Partie III Traitement du modèle de l'environnement numérique en petite classe et en alphabétisation

L'information qui circule aujourd'hui sur la planète est majoritairement stockée sous forme numérique[36]. Par ailleurs, le besoin d'un accès ubiquitaire à l'information (au bureau, chez soi, dans le train, etc) se concrétise d'autant plus avec la venue de nouveaux matériels et le succès des ordinateurs de poche ainsi que des téléphones mobiles (Rouillard 04) cité par ((Rouillard José, 2006). Le numérique a différentes formes pour sa représentation, mais nous nous intéressons à la partie informatique en tant que support d'information. À l'ère du numérique, le Web est apparu comme le premier support d'information dans le monde et plus tard, le smartphone comme l'outil d'accès le plus répandu pour cette information. Le web est le produit de différentes applications développées avec des langages de programmation informatique. Tandis que le smartphone est un ensemble de circuits intégrés avec des programmations de commandes. La maîtrise du Web demande celle de l'application qui permet de naviguer autour du monde de l'information et cette compétence a besoin des connaissances sur le mode de fonctionnement du smartphone au cas où l'utilisateur utilise le support smartphone. Dans notre étude, nous essayons de cerner la granularité de la compétence en numérique pour que son utilisation soit efficace et fructueuse pour l'utilisateur. Sur quelle base repose la compétence numérique demandée lors de son utilisation ? Et comment mettre en place ces concepts pour que les concepteurs atteignent les objectifs escomptés ?

La compétence désigne la capacité à mettre en œuvre les connaissances, les savoir-faire et les comportements en situation d'exécution. Le numérique est un leitmotiv pour développer l'utilisation de l'informatique dans la vie quotidienne depuis quelques décennies.

La compétence numérique est une compétence pluridisciplinaire. Elle intègre à la fois la compétence informatique, la capacité à décoder le langage de communication utilisé ainsi que la compréhension des contenus. Notre intervention privilégie le côté informatique et la

[36] Un projet à l'Université de Berkeley a estimé à un exa-octet (c'est-à-dire à 1 milliard de giga-octets) la quantité de données générées annuellement de par le monde. Parmi ces données, 99.997% sont disponible sous forme numérique (Keim 01) cité par (Nigay 01).

médiation pédagogique qui nous emmènent à étudier le mode d'appropriation de l'informatique pour qu'il soit un outil de développement durable dès le niveau de base de l'enseignement.

Dans les domaines d'activités scientifiques, techniques et industriels, l'informatique, le traitement automatique de l'information s'opère au travers de machines, les ordinateurs. L'ordinateur est devenu dans le langage courant, une machine constituée d'un ensemble de logiciels et du matériel destiné à réaliser une tâche. Et lorsqu'on parle de "système informatique", on évoque un ensemble plus complexe constitué des logiciels et des équipements matériels (l'ordinateur et ses périphériques) destinés à réaliser la première vocation de l'ordinateur, le traitement automatique de l'information.

En 2011 avec l'émergence du Web 3.0, l'informatique s'est structurée par la combinaison de quatre concepts : l'algorithme, la machine, le langage et l'information selon la version de Dowek (Dowek, 2011). Dans cette partie, nous exposons notre contribution à la conception d'une Interface Homme-Machine dédiée aux utilisateurs à faible compétence pour apprendre avec un smartphone. Elle est divisée en quatre chapitres :

Le premier chapitre étudie la taxonomie de la compétence numérique suivie par l'intégration aux fonctions de communication de la médiation numérique. Le troisième chapitre simule l'IHM dédié à un apprenant qui a rencontré des difficultés lors de l'utilisation de la plateforme. Nous pratiquons ce modèle dans la plateforme « αβGasy@mobile » dans le quatrième chapitre.

Chapitre VIII. La taxonomie des compétences numériques

En France, dès 2006, l'INRP consacrait l'un de ses dossiers d'actualité à l'éducation à l'information. On pouvait y lire : « [s]'ajoutent désormais aux compétences de base telles que le » lire-écrire-compter « l'apprendre à apprendre et tout particulièrement la compétence à chercher, à évaluer et à utiliser l'information ».

Le carrefour des dispositifs numériques accélère la diffusion et l'accès à des informations. Ces dispositifs correspondent à l'ensemble des supports physiques comme le câble de fibre optique, les cartes mères, etc. Ils sont diversifiés en fonction des designs du circuit intégré utilisé, des infrastructures électriques et de celles de la télécommunication. Par conséquent, la présentation des contenus ou des informations sera fonction du support physique, en adaptant au niveau de compréhension et usages dans la langue courante malgache. Elle peut prendre des formats hybrides : avec de l'audio, de la vidéo et du texte comme le permet le Web. A côté du Web, d'autres applications se sont développées ces dernières années et ont contribué à la diversification des modes de circulation de l'information. Parmi les plus populaires, les réseaux sociaux apparaissent comme des sources d'information privilégiées.

Ces informations sont acquises en consultant Internet qui est disponible sur l'ordinateur ou sur le smartphone (Figure *0.*1) par l'intermédiaire des cartes réseaux. Les réseaux sociaux, une des applications Web, sont actuellement les sources des informations les plus utilisées. Mais la manipulation, la consultation, ou encore, l'usage en général de cette application nécessitent, en plus de la technique, d'autres habiletés pour satisfaire à nos besoins informationnels comme la recherche de la véracité, de la précision, de l'information à travers les commentaires, etc.

Les compétences interactionnelles ou communicationnelles sont donc recommandées en plus des compétences techniques afin que ces dernières soient mobilisées efficacement dans un contexte scolaire (Fluckiger et Bruillard, 2008). Les compétences informationnelles et communicationnelles constituent la compétence cognitive. Les réussites de ces interactions ont incontestablement des impacts sur les objectifs attendus dans l'immédiat et sur l'appropriation de l'outil à long terme. Ces compétences se vérifient dans l'usage des dispositifs numériques. Certes, des mécanismes de cohésion entre ces éléments constitutifs de l'usage sont nécessaires afin d'avoir un bon fonctionnement de l'ensemble. La mauvaise interaction avec le téléphone portable entraîne le non-usage de certains menus ou blocage des déplacements via le clavier dans les menus.

Une des stratégies efficaces est d'avoir certaines connaissances de base avant l'usage des dispositifs numériques pour ne pas être marginalisé avec leurs évolutions (Habilo Média, 2015). Il s'avère que ces connaissances s'adaptent à l'évolution de la situation dans le temps.

La compétence technique (Figure 0.3) inclut la compétence médiatique qui correspond aux connaissances sur le web et les réseaux sociaux... Les compétences médiatiques que les internautes développent au cours de leurs pratiques informationnelles jouent un rôle dans leur appropriation du dispositif en question, par la navigation aisée sur les sites web ou les réseaux sociaux. Des auteurs ont proposé différentes modélisations des compétences de la littératie numérique et médiatique. Leurs propositions sont principalement centrées sur des compétences relatives à la maîtrise des outils techniques, au décodage de l'information, et à la création de contenus médiatiques (Buckingham et al. 2005), (Deursen et Dijk, 2010), (Ferrari, 2013), (Livingstone et al. 2005) ; cité par (Collard et Jacques, 2015).

La littératie numérique est une sorte de stratégie à mettre en place pour accompagner l'usage du numérique. Elle représente un moyen efficace au soutien de l'usage du numérique. L'appui technique de cette stratégie renforce sa mise en place et accélère le suivi de la réalisation de l'existant. Pour les novices en numérique, la version informatique de cette stratégie est l'usage de l'outil technique : ce qui permet d'évaluer les compétences acquises, à savoir le niveau atteint en littératie numérique, comme nous en avons parlé précédemment (cf IV.2)

Notre étude s'intéresse à l'impact de la littératie numérique et ses usages en général et dans le cas spécifique de l'usage pédagogique, notamment au niveau de l'enseignement de base. Des nouvelles compétences rendent compte de la littératie numérique des apprenants sur lesquelles l'appropriation des dispositifs se construit. Cependant, les utilisateurs n'ont pas le même niveau de compétence de base initial, car le numérique ne cesse d'évoluer. Des mesures d'accompagnement sont nécessaires pour les usagers les moins avancés.

Cet usage basique avec les spécificités des utilisateurs mérite une étude approfondie afin d'avoir une visibilité réelle et de mesurer efficacement les étapes nécessaires pour atteindre les objectifs. Notre approche est basée sur les résultats de l'expérimentation qui s'est déroulée de juin à août 2018, avec des apprenants situés au niveau élémentaire et issus de différentes catégories socioprofessionnelles. Durant l'étude, nous nous intéressons au processus de l'appropriation qui, dans le développement des usages et des pratiques chez les utilisateurs, les a conduits vers l'acculturation.

Pour la présentation de ce processus, nous commençons l'étude par les techniques d'appropriation du numérique. L'appropriation du numérique est une étape nécessaire pour

un usage efficace et mesurer l'impact, le rôle et le continuum de la « littératie numérique » sur l'environnement numérique en nous appuyant sur les différentes définitions de ce concept proposées par des chercheurs. Nous engageons un travail de réflexion sur les concepts de la littératie numérique dans notre cas, les points d'intérêt porteront sur les caractéristiques atteintes par nos apprenants, et nous proposons de nouvelles perspectives pour augmenter leur niveau de littératie numérique. Pour ce faire, nous commencerons par l'étude des innovations du numérique ces dernières années. Cette étude nous permet de mesurer l'impact de ces innovations sur l'usage du numérique dans la vie quotidienne. Nous poursuivrons notre étude sur l'influence du numérique dans le domaine de l'éducation, ce qui nous permettra de proposer les stratégies sur la modalité d'intégration du numérique à adapter à Madagascar. Nous allons présenter les dynamiques et systèmes que les personnes en situation d'alphabétisation peuvent intégrer progressivement avec le numérique. À ce propos, la notion des compétences médiatiques en éducation développées par Buckingham, à laquelle nous ferons référence, est entre autres, l'une des bases théoriques de cette thèse. Nous exposons les points forts de cette notion et les relations que celle-ci peut avoir avec l'appropriation du numérique développée par le pédagogue Plantard Pascal ainsi que la gestion du profil développé par Jean-Stéphanie Daubias, informaticienne au laboratoire LIRIS. En observant de plus près ces théories, nous trouvons une forte complémentarité entre elles, qui s'avère fondamentale pour une meilleure compréhension des « manières de faire » de ces compétences de base en numérique.

L'objectif de ce chapitre est alors d'étudier les étapes à suivre, dès le niveau de base, pour atteindre progressivement les subcompétences de base en littératie numérique.

VIII.1 Fondements de la littératie numérique

Presque tous les types de systèmes d'information ont déjà leur version numérique à présent. Avec l'internet et le virtuel, l'horizon qui limite l'invention est encore infini. La maîtrise de ces concepts doit être concrétisée au niveau des classes fondamentales.

Le terme de « littératie numérique ou digitale » a été introduit par le chercheur Gilster en 1997 qu'il l'a présenté comme « the ability to understand and use information in multiple formats from a wide variety of sources when it is presented via computers » (Gilster, 1997). À l'époque où « World Wide Web » fête ses sept ans d'existence (1997) en 2004, il n'y avait que 36 millions unités d'ordinateurs connectés contre 26 milliards d'appareils connectés en

2019[37]. En cette période, la gestion des informations reste encore maîtrisable. Des particuliers privilégiés qui possèdent un poste informatique ou personnal computer (PC) relié à Internet sont parfois au même niveau d'équipement et d'expertise que les salariés d'entreprises. Par exemple : un ordinateur de bureau est dédié à une secrétaire de direction pour réaliser son travail journalier de bureautique et d'envoi de mails quotidiens. Certes, l'employée avait les compétences exigées pour ce poste avant d'être recrutée et elle doit posséder la capacité d'apprendre le fonctionnement de l'appareil (la prise en main de l'ordinateur, les logiciels de bureautique.). Nous constatons que le concept de Gilster prend tout son sens : les compétences en littératie numérique deviennent en effet essentielles face à la prolifération du numérique (applications de téléphone mobile, nouveaux logiciels sur PC, etc.).

En 2006, des chercheurs australien et américain (Lankshear et Knobel, 2006) ont étudié dans des cours d'alphabétisation la maîtrise de la langue écrite. Ils ont comparé les productions écrites manuelles des élèves et leurs productions saisies par ordinateur. La « digital literacy » dans les séances d'alphabétisation renvoie à plusieurs compétences qu'il faut développer durant l'apprentissage : lire, déchiffrer des documents et saisir le texte (cette fois sur le numérique). Écrire avec le numérique peut avoir la signification de coder avec le numérique, mais non pas seulement taper des lettres avec le clavier. Les suggestions sont valables pour la lecture et le déchiffrage du code du texte. Dans le but d'éviter les faits de marginalisation d'une partie des publics en apprentissage de la langue écrite, les chercheurs ont mentionné l'insuffisance des compétences au niveau fonctionnel. Ils ajoutent la nécessité pour les apprenants d'acquérir des compétences sur l'opérationnalisation standardisée pour que le niveau de compétence en numérique ou littératie numérique s'entende avec la définition de Gilster. À noter que ce concept de littératie numérique renvoie à l'informatique de base avec recours systématique à internet : par exemple, pour maîtriser la manipulation de l'iconographie assurant la bonne fonctionnalité d'un système d'exploitation, s'autoformer pour être capable de naviguer sur une page web, la recherche des informations pour résoudre les problèmes d'installation d'une application habituelle, etc. Les auteurs ont souligné une grande attention à porter au sens précis du terme « littératie numérique » :

« The ability to use digital technology, communication tools and/or networks appropriately to solve information problems in order to function in an information society » (Lanksher et al., 2006).

[37] https://fr.statista.com/statistiques/584481/internet-des-objets-nombre-d-appareils-connectes-dans-le-monde--2020/ consulté le 26 mars 2020 à 23h10 GMT+3.

«Le « digital literacy: the acquisition of 'information age' skills; the cultivation of 'habits of mind'; engagement in digital cultures and practices » (Maeyers et al., 2013).

En outre, Buckingham a proposé en 2015 une autre approche du concept de « littératie numérique » dans le domaine éducatif (Buckingham, 2015). Il préconise la littératie médiatique comme le prérequis à la littératie numérique. Théoriquement, les quatre aspects suivants ont été traités par le chercheur pour aborder la littératie médiatique : la représentation, le langage, la production et le public. Primo, la représentation reflète les valeurs implicites de la réalité et l'idéologie répandue (matériel et information). Par le biais de la comparaison des nouvelles sources d'information avec les expériences acquises, l'individu évalue un nouvel outil proposé avant de l'utiliser. Secundo, le niveau de langue écrit et oral acquis est corrélé avec la compétence analytique pour déchiffrer le langage et le métalangage disponibles dans les ressources mis à disposition par l'outil numérique. Ces dispositions de base lui servent à agencer les informations disponibles dans les documents numériques. Cela implique la compréhension de la « grammaire » et des contenus mis à disposition sur le net. En principe, les éditeurs de contenus sont tenus de sécuriser leurs sources. Il faut savoir quelle est l'origine de ces contenus ? Pourquoi -Quelle en est la raison- ? Parce que souvent les contenus originaux restent opaques sachant que les publicités, les promotions et les blogs sur le web influencent considérablement l'utilisateur. Tertio, la production : comment le public reçoit-il ces flots d'informations ? Il peut y avoir deux statuts : soit lecteur, soit utilisateur. On sait que le cas Internet implique la façon dont le public aborde les informations et les interactions qui en découlent . Ainsi, l'auteur a ajouté le point suivant:

« […] a view that new digital media can no longer be regarded simply as a matter of « information » or of « technology». [.... If educators wish to use these media in schools, they cannot afford to neglect these experiences: on the contrary, they need to provide students with means of understanding them. This is the function of what I am calling digital literacy » (Buckingham, 2015).

Pendant l'expérimentation, les testeurs détenteurs de tablettes sont à l'aise dans l'usage de l'outil. On remarque même leur autonomie dans la manipulation après deux jours de formation. Par contre les testeurs qui manipulent un ordinateur pour la première fois, ont du mal à l'utiliser. Ils ont des difficultés à associer l'ordinateur avec la souris et le clavier, ainsi qu'à consulter Internet et Facebook. Par ailleurs, la littératie numérique peut se définir comme :

« L'habileté et la capacité d'utiliser les outils et les applications numériques, la capacité de comprendre de façon critique le contenu et les outils des médias numériques, et la

connaissance et l'expertise pour créer à l'aide de la technologie numérique » (Habilo, Médias, 2015).

A partir de cette définition, il est opportun de classifier les compétences en littératies médiatiques, comme mentionnées par Buckingham. Ce qui exige le passage par le traitement suivant des quatre aspects explicités plus haut.

VIII.1.1 La représentation de Buckingham

Dans le monde du numérique, le média avec ses multiples facettes est le support des informations. Buckingham considère le rapport du média avec la réalité qui incarne les valeurs et les idéologies implicites. Avant la manipulation, l'utilisateur du média doit être en mesure d'évaluer la motivation de sa création numérique, par exemple, il la compare avec d'autres productions issues de sa propre expérience. Si le média prend la forme d'un logiciel d'apprentissage, la représentation dont les utilisateurs ont du prérequis répondra à cette question : « Comment le logiciel revendique-t-il le réalisme sur l'apprentissage humain ? ». Le (Tableau *VIII.1*) concerne l'application numérique d'apprentissage de la lecture malgache. « αβGasy@mobile » tente de donner les réponses à ce questionnement**.**

Tableau VIII.1: Questions à maîtriser sur la représentation d'un logiciel d'apprentissage.

Exemple de questions de représentation	**Réponses de « αβGasy@mobile »**
Quelle est la nature des mondes du logiciel ? Quelle est la relation avec les mondes réels ? La véracité des ressources mises à la disposition Les valeurs ajoutées en utilisant l'application	La formation Le développement de soi ; Communication éducative « Lala sy Noro », livre pour apprendre à lire, en langue malgache Les nouvelles compétences acquises ;

Sur le terrain de l'expérimentation, et de façon habituelle, lors d'un projet d'achat d'un appareil numérique, les utilisateurs ont besoin de l'avis d'un expert. Certaines préoccupations reposent davantage sur la solidité matérielle quand il s'agit d'ordinateurs portables, de tablettes et aussi de téléphones portables. En revanche, si on se base sur une utilisation bien précise, la question se pose plutôt sur la recherche de la moindre difficulté dans la réalisation du besoin. Celle-ci correspond indirectement à la motivation de l'utilisateur et contribue à lui donner de l'assurance grâce à sa première expérience concluante avec l'application.

Les apprenants à la découverte du livre « *Lala sy Noro* » présenté sous un format numérique au début de la formation se sont sentis mis en confiance et rassurés sur la véracité des ressources mises à leur disposition. Historiquement, plusieurs générations malgaches ont utilisé le manuel « *Lala sy Noro* ». Ce qui élimine, du côté des apprenants, toute forme de doute quant à la sincérité de l'apprentissage : il ne s'agit ni d'une simple découverte ni d'une simple manipulation d'outil.

VIII.1.2 Le langage de Buckingham

Les chercheurs Lanksher et ses équipes, et Buckingham ont le même avis sur le concept du langage à maîtriser. Savoir lire et écrire avec le numérique est la capacité à comprendre les conventions de ce genre plus particulier de formes de communication. Cela signifie acquérir des compétences analytiques et un métalangage pour décrire le fonctionnement du langage. En conséquence, la littératie numérique doit impliquer une aisance rhétorique de l'interaction. Si nous prenons le cas du web, nous faisons allusion à la compréhension nécessaire de la charte graphique, les rôles des pop-up, les modes d'utilisation des outils, etc.

Du côté technique, le décodage langagier permet aux utilisateurs de prendre conscience que le logiciel EDGE (ou Enhanced Data rates for GSM Evolution) est moins rapide, que le logiciel HSPA (ou High Speed Downlink Packet Acess) sur l'étape de connexion. Il s'agit également d'identifier les différents signaux envoyés par le système de l'appareil. Sur notre application, la question se repose sur la signification des illustrations et les outils de navigation. « Quelles sont les significations des couleurs rouge, verte, etc. ?

Tableau VIII.2: Types de connaissances du langage pour utiliser « αβGasy@mobile ».

Exemple de questions du langage	**Réponses pour « αβGasy@mobile »**
Charte graphique	3 couleurs vertes = salle de classe ; fuchsia = illustration ;
Agencement des affichages	Disposition des menus nécessaires à la navigation ;
Signification des signes	Hypertexte, audio-visuel, actif et verrouillé ;
Fonctionnalité des menus et des claviers	Déplacement, validé, quitté, enregistré ;
Gestion de l'écran	Mode horizontal, scroller, vertical ;

Cette phase nécessite un niveau de compétence supérieur à celle de la représentation : c'est la compréhension visuelle de la manipulation de l'application. On peut la classer parmi la phase de découverte qui a une répercussion sur la motivation de l'individu. La plupart du temps, on trouve cette codification langagière de Buckingham dans le manuel d'utilisation de l'application. Les formations à distance organisent une préformation sur la familiarisation de l'application à chaque début de la formation. Les contenus sont basés sur les manipulations et les significations des signes, couleurs et images afin que les apprenants puissent comprendre le mode opératoire de l'application. Cette étape est un rituel initiatique pour tout type de formation en ligne. L'assistance présentielle au centre de formation qui a marqué la spécificité de notre séance a facilité le démarrage de la formation. Au troisième jour de formation, les apprenants étaient autonomes sur les principales fonctionnalités de l'application. L'obtention de ces bons résultats, nous ont décidé à concevoir cette prise en main sous forme audiovisuelle avec une version fichier « icônes-images ».

VIII.1.3 La production de Buckingham

Sachant que chaque outil fonctionnel résout des problèmes de façon optimisée par le concepteur, la production de Buckingham conseille de maîtriser les solutions proposées. Autrement dit, l'intérêt principal du producteur est de répondre à la question « qui communique avec qui et pourquoi ? ». Le premier « qui » désigne l'outil qui fournit le service ; le deuxième indique le rôle des services offerts par cet outil pour les bénéficiaires et le « pourquoi » détermine les contenus de ce service. Ces derniers sont forcément en référence avec le contexte sur lequel l'outil a été conçu. En revanche, les utilisateurs doivent être en mesure de savoir les résultats inopinés de leurs mauvaises interventions.

Prenons le cas de notre application (Tableau VIII.3), avant de manipuler l'application, chaque apprenant doit être en mesure de s'informer (aide en ligne) depuis le téléphone portable ou l'appareil nomade, sur les différenciations entre apprendre dans une salle de classe et apprendre hors de la salle de classe.

Tableau VIII.3: Types de compétences nécessaires selon Bunkingham pour utiliser « αβGasy@mobile ».

Exemples de questions de la production	**Réponses de «** αβGasy@mobile **»**
La paternité de la formation Les supports techniques et physiques utilisés	École d'enseignement de base Typescript, python sur mobile, hébergeur Une plateforme en ligne, les nouvelles connaissances acquises

Exemples de questions de la production	**Réponses de « αβGasy@mobile »**
La relation de l'application avec les autres formations La partie commerciale Types des utilisateurs	Nouvelles méthodes sur l'activité d'apprentissage Âge, profession, niveau de compétences

Avec l'application « αβGasy@mobile », si l'apprenant espère rencontrer l'institutrice à chaque séance d'apprentissage, ce ne sera pas le cas régulièrement : il risque d'être déçu. L'apprentissage ne se déroulera pas comme prévu dans l'expérimentation. Il doit se renseigner sur la nouvelle méthode d'apprentissage avant de pratiquer la formation. La connaissance de cette nouvelle méthode lui permet par exemple de savoir, quel est le genre de l'enseignant avec lui, ainsi que les particularités sur les techniques de la réalisation de la formation ; il saura également à qui s'adresser s'il rencontre des problèmes pendant l'apprentissage. C'est la raison pour laquelle des communications sous forme d'une sensibilisation devront avoir lieu avant le lancement de la formation.

VIII.1.4 Le public de Buckingham

En numérique, les caractéristiques « réutilisation et partage » font partie des conditions évaluatives importantes d'un outil numérique. Buckingham évoque les retombées indéniables de ce partage sur la vie sociale, politique et économique. Par ailleurs, de quelle façon l'application attire les utilisateurs ? Et comment ces utilisateurs utilisent les fonctionnalités de l'application ? Plus concrètement, l'apprenant doit comprendre les objectifs et les autres options possibles pour l'utilisation de l'outil. Il s'agit des options sur l'usage au niveau sociétal (vie quotidienne), et les actualités politiques et économiques. L'apprenant doit prendre conscience de l'apport de l'outil lors de l'usage en groupe, en société, sa valeur politique et aussi la rentabilité économiquement, grâce aux forums de discussion, par exemple.

Tableau VIII.4 : Public de Buckingham.

Exemples de questions du public	**Réponses apportées par « αβGasy@mobile »**
Le mode d'accès Les objectifs de l'application Autres usages quotidiens Idéologie des contenus	Avec un téléphone portable connecté à l'Internet Alphabétisation Échange et communication avec les membres Information pédagogique

Économiquement, c'est un investissement (l'achat de téléphone portable et les frais de connexion très abordables) et encore davantage, si sur le téléphone portable peut configurer l'application « αβGasy@mobile » ; une formation présentielle est également proposée. Cette application offre une méthode de communication ouverte sur la société (vie quotidienne, et formation) pour les apprenants. Les compétences des apprenants se capitalisent en fonction des apports et des réactions au fur et à mesure de la découverte qu'ils font des fonctionnalités de l'outil.

La description de ces quatre aspects pour l'application αβGasy@mobile » aboutit à un niveau de compétences significatif en connaissances de base pour la langue écrite et orale malgache. Ce niveau de compétence permet à l'individu d'acquérir de plus en plus d'autonomie avec le nouvel outil. Buckingham classifie ces quatre aspects en litteratie médiatique, mais les détails montrent une différence de niveau.

Intégrons la définition de HabiloMedia pour atteindre les compétences acquises en littératie numérique pour un smartphone courant.

VIII.1.5 Analyse de l'usage sur le média « smartphone ITEL »

Au cours des deux dernières décennies, en observant les pratiques et le recours à des nouvelles applications disponibles sur Internet, nous avons pu constater la diffusion rapide du téléphone portable dans la population, et la couverture d'Internet jusque dans des zones reculées du pays. L'accessibilité, la connectivité, la mobilité sont des atouts du téléphone portable par rapport aux autres appareils de communication sophistiqués. ITEL est une société fabriquant des téléphones portables de bon niveau de gamme et à un prix abordable pour tous. Elle est classée au 17e rang de la marque la plus appréciée en Afrique en 2019 [..] la plus utilisée à Madagascar. La raison pour laquelle notre choix s'est porté sur ce téléphone est sa grande maniabilité.

La fonctionnalité de certains onglets, et icônes sur leur téléphone portable leur échappe, et c'est ce qui explique le fait qu'ils n'utilisent pas certaines d'entre elles, bien qu'elles soient visibles et mises à leur disposition. Certains utilisateurs « hors statut employé » n'ont pas reçu les formations nécessaires à l'usage du téléphone portable. Par ailleurs, la langue usuelle ne serait pas adaptée à la manipulation du téléphone portable et ne faciliterait pas la familiarisation avec le numérique en général. C'est le cas de certaines contrées sur l'Île de Madagascar où la langue usuelle est le « malagasy », le français et l'anglais viennent en deuxième et troisième position comme langue parlée. En revanche, on constate une

dépendance psychologique des détenteurs de téléphones mobiles face à ces problèmes de langue, car ils se servent du téléphone pour traduire.

Cette dépendance psychologique aboutit à une surconsommation d'une seule application de prédilection (en particulier un réseau social très connu) et freinerait la curiosité pour d'autres applications innovantes. On constate une stagnation de l'essor d'une véritable culture numérique transformatrice au sein de la population. Nous nous appuyons sur les travaux de recherche Buckingham et HabilioMédia pour proposer les compétences minimales, dans le but d'éviter le non-usage en totalité de l'application mise à la disponibilité des utilisateurs.

Tableau VIII.5 : Les aspects de Buckingham à partir de la définition de Habilo Medias (2015).

Compétences	**Créer**	**Comprendre**	**Utiliser**
Présentation		La communication, La Circulation des informations, L'appareil opérationnel, Disponibilité des informations	Communiquer par voie orale ou texto ou vidéo en utilisant les touches, le microphone et la caméra. Avant de communiquer, il faut décrocher l'appel ou chercher le numéro et le taper. En cas de panne, les compétences sur le codage du langage, la production et le public permettent à l'utilisateur de résoudre le problème.
Langage		Code couleurs, niveau batterie Chiffre, lettre, déplacement, calculatrice Le système, le dossier, répertoires existants et les applications installées Mode horizontal, scroller vertical	
Production		La télécommunication Les composantes électroniques Communication audio-texto-vidéo Modalité de communication : réseaux sociaux, Âge, profession, niveau de compétences	
Public		Opérateur de télécommunication Accès à l'information Ecouter les radios, enregistrer les conversations, consulter des mails, etc.	

Le Tableau VIII.*5*, classe les compétences définies par Buckingham sur la compréhension de Habilo Medias[38]. Les étapes d'accès à la compréhension de certaines fonctionnalités se transforment en compétence et l'utilisateur finit par obtenir le statut d'expérimenté au fur et à mesure qu'il maîtrise ce média. Malgré la définition « création », un

[38] En 2015.

simple utilisateur n'est pas capable de créer un téléphone portable. Seuls, les spécialistes en matière électronique et télécommunication ont cette compétence. Par contre, **une maîtrise** dans le domaine de la télécommunication, est un grand atout pour être capable résoudre les problèmes techniques. De même pour l'application « αβGasy@mobile **»,** ce sont les informaticiens qui ont la compétence à créer une plateforme destinée à l'apprentissage. Avec un apprenant en cours d'alphabétisation, la colonne « créer » demeure vide. Ce dernier a acquis certaines compétences durant quatre ans de détention d'un téléphone portable, sauf que certaines fonctionnalités ont été délaissées, à l'intérieur des autres options d'utilisation.

Une adolescente sur deux arriverait à avoir une bonne maîtrise du téléphone portable à partir de la troisième année d'utilisation. Pour exemple, parmi notre échantillon, nous avions une adolescente déscolarisée à l'âge de onze ans au niveau CE1 dans la zone rurale du Sud-Est de Madagascar. Ce niveau de maîtrise graduel dans le temps, mais partiel a été constaté parmi les trente femmes de ménage des particuliers.

Un niveau de connaissances en informatique minimum est requis pour monter en compétence (Gilster, 1997), (Lanksher et al 2006), et (Buckingham, 2015). Un certificat informatique pour l'utilisation Internet est délivré aux étudiants par les établissements supérieurs français la Certification "Informatique et Internet "(C2i). C'est-à-dire, prenons le cas de la France, C2i est obligatoire dans tous les cursus de licence, le B2i, pour le niveau secondaire. C'est un moyen de vérifier des compétences spécifiques, comme établir un processus logique par exemple. En cas de non-validation complète, une attestation des compétences validées partiellement est donnée, ce qui signifie qu'un certain nombre d'étudiants n'ont pas le niveau requis. Certains étudiants restent malheureusement à la marge. En Afrique, c'est souvent le cas aujourd'hui.

D'autre part, aucune application informatique n'a une version unique. Les concepteurs offrent périodiquement des versions qui se différencient sur les nouvelles fonctionnalités, les nouvelles configurations. Chaque nouvelle version propose au moins une nouveauté à l'occasion des mises à jour, comme de simples calculatrices qui deviennent des calculatrices scientifiques par exemple. Progressivement, les individus s'approprient cette nouvelle évolution, un pas de plus vers une culture numérique davantage partagée. Chaque mise à jour correspond à une modification, et à une nouvelle compétence pour accéder à cette mise à jour.

Il existe différents types de mises à jour dont celle de l'interface seulement ou celle du design par exemple, ou encore des nouvelles fonctionnalités. Tout utilisateur met à jour ses connaissances, ses compétences même s'il ne s'agit que de la mise à jour de l'interface. Par

contre, pour le cas de la mise à jour des fonctionnalités, cela dépend du besoin de la curiosité et de la compétence de l'utilisateur.

La proposition de Buckingham rapportée à la définition de Habilo Médias, est proche de la définition de compétence enrichie par l'évolution des nouvelles fonctionnalités de l'application numérique. On ne peut pas envisager la fin proche de l'évolution numérique. De ce fait, maîtriser la technologie est requis, les blocages diminuent au moment de son utilisation. Cette maîtrise qui se fait par niveau de compétence dépend de son mode d'utilisation. Savoir utiliser le téléphone, dans le sens d'émettre un appel et de discuter au téléphone, passe par trois étapes : d'abord, savoir lire, ensuite savoir décoder l'image et enfin avoir une bonne écoute. Outre le fait de discuter au téléphone, par exemple pour rechercher ou consulter les conversations, l'utilisateur doit avoir de solides notions quant au fonctionnement Internet et du téléphone portable : configuration téléphonique, signal d'accès à Internet, consultation des débits restants, maintenance de la batterie de recharge. D'autres compétences sont aussi requises quant à l'utilisation de l'application « recherche d'information ». Par exemple, en utilisant Facebook, l'utilisateur doit maîtriser ces fonctionnalités afin d'éviter une fausse manipulation contraire à son objectif.

À l'issue des recherches documentaires et des observations sur le terrain, une réflexion sur les concepts de base du téléphone portable est nécessaire dès le premier contact avec l'outil. Les concepts de Buckingham nous aident à définir cette réflexion préliminaire et nous renvoient aux compétences de base nécessaires avant l'usage du numérique. En général, elles correspondent aux compétences de base en littératie numérique pour les individus qui ont déjà un certain niveau de connaissances. Pour les autres catégories des individus qui n'ont pas ce niveau de connaissances, est-ce qu'on peut parler de la littératie numérique de base ?

Ce niveau de compétences reste valable, mais sera ordonné selon l'ordre de priorité basé sur l'état de leurs connaissances. Partant des définitions fournies par Buckingham, Lanksher et ses équipes, et Gilster, la base en littératie numérique forme un ensemble de compétences basiques en numérique, mais se trouve à un niveau assez supérieur pour les personnes en situation d'alphabétisation. Ces dernières n'ont pas la capacité de coder les langages, et cela restera un handicap considérable à surmonter pour atteindre les compétences de bases citées par Buckingham lors de l'usage d'outils numériques. Par expérience, les compétences de base des personnes en situation d'alphabétisation démarrent par la familiarisation avec le téléphone portable (installation des jeux, jouer avec le téléphone) ; dans le cas où ils ont à utiliser le téléphone portable, le codage passe par la langue maternelle. Les

autres compétences citées par Buckingham seront acquises au cours de l'apprentissage dont la suite dépendra de la volonté de l'apprenant.

Notre objectif est de donner une place à « la littératie numérique » dans le monde d'usage du numérique. C'est un phénomène à prendre en compte avec l'évolution du numérique, et nous nous intéressons à l'initiation de cette technique et les outils "incontournables" de l'intégration du numérique dans l'enseignement de base. Pour mieux étudier les compétences à respecter lors de l'usage d'un outil numérique, il est intéressant d'initier le processus de familiarisation avec le numérique. La compétence est considérée acquise après la familiarisation, puis l'appropriation de l'outil. Le paragraphe suivant étudie le lien entre l'appropriation des outils numériques et les compétences nécessaires pour y accéder.

VIII.2 L'appropriation et les compétences en numérique

La compétence est acquise s'il y a appropriation. Il y a deux acceptions du terme « appropriation » que propose le dictionnaire Antidote : « action au cours de laquelle on prend possession, on se rend propriétaire de quelque chose, notamment, par l'achat, l'occupation, la saisie, l'expropriation, la rationalisation ou la violence » et « action d'approprier, d'adapter, de rendre propre à une utilisation, à une visée ». Mais au-delà des définitions pures du terme, ce sont les acceptions liées à l'usage qui nous intéressent. Ces acceptions sont parfois assez vastes, grâce aux contextes et disciplines qui les utilisent, notamment la sociologie des usages et de l'innovation, de l'informatique ou encore l'ergonomie. Dans notre thèse, nous combinons les principes théoriques liés à l'appropriation : elle prend le sens d'adaptation et le sens de construction psychologique d'un outil.

« L'appropriation » est l'acte par lequel l'usager devient un acteur actif et autonome qui construit ses usages en fonction de ses intérêts et se constitue « un soi » (Jouet, 2000, cité par Hanaa Ait Kaikai, 2014). Cet acte se manifeste dès que l'accessibilité, l'utilisation et l'usage se sont instaurés lors de l'intégration des TIC.

En 2002, Proulx a affirmé ces trois caractéristiques de la finalité d'une séquence d'appropriation. « L'accès » prend en compte la possibilité pour l'usage de disposer de la technique. « L'utilisation » représente l'acquisition des connaissances suffisantes à la maîtrise du fonctionnement du dispositif technique. « L'usage » est l'adoption de cette technologie en vue de l'inscrire dans sa trajectoire propre (Proulx, 2002, cité par Hanaa Ait Kaikai, 2014).

Les résultats expérimentaux sur l'appropriation de l'écriture numérique effectuée par Hulin et Pélissier en 2012 font apparaître que l'apprenant doit savoir analyser les fonctionnalités

rendues possibles par les artéfacts, prendre conscience des schèmes d'utilisation qu'il met en œuvre, et prendre conscience des limites de son outil (Hulin et Pélissier, 2012). Ces séries d'analyses correspondent respectivement à l'analyse fonctionnelle, réflexive et critique, qui, à leur tour, satisfont à « accessibilité-utilisation-usage » de Proulx. L'accès est basé sur les compréhensions de ses limites en situation, l'utilisation demande une compréhension des fonctionnalités de l'instrument et le dernier ou l'usage comprend ce qu'on en fait lors d'une utilisation. Ce sont des compétences à développer pour mieux maîtriser les TIC, les outils numériques modifient la structure technique des activités humaines médiées. Ces compétences se présentent avec différents niveaux de qualification et leurs qualifications dépendent des contenus de la formation.

Par ailleurs, chaque compétence correspond à une valeur certifiée qui peut être validée au niveau national ou au niveau international. C'est le cas du Certificat Informatique et Internet ou C2i pour l'obtention de la Licence ou celui du Brevet Informatique et Internet ou B2i , indispensable à l'obtention des différents baccalauréats. Prochainement, le B2i et le C2i seront remplacés par Pix[39] : les compétences numériques se capitalisent au fur et à mesure du cursus scolaire, depuis l'école élémentaire, puis le collège, le lycée et dans l'enseignement supérieur, ainsi que dans la formation tout au long de la vie.

Ce paragraphe s'intéresse à la relation entre l'appropriation et des compétences en numérique, afin d'identifier l'origine du passage d'un niveau de compétences à un niveau de compétences supérieures. Dans le paragraphe suivant, nous allons identifier les différentes dimensions de ces compétences.

VIII.2.1 Le processus d'appropriation en numérique

La notion d'appropriation est à construire à partir de la perspective ethno-méthodologique et l'approche réflexive. Il s'agit d'étudier les représentations que construisent les acteurs à propos de leurs pratiques (dans notre cas : de formation) et de mettre ainsi au jour un savoir et des éléments de méthodes dont ceux-ci n'ont pas forcément conscience, alors que les éléments sont actifs dans les stratégies mises en œuvre (Coulon, 1997), (Garfinkel, 1967), (Schön, 1996) cité par (Bourdet et Leroux, 2009).

Diverses raisons nous ont poussé à travailler avec la méthode de l'appropriation d'un dispositif sur l'étude de la métamorphose d'un manuel papier en un manuel numérique. La première est liée au fait que notre intervention se réalise dans le domaine de recherche

[39] https://pix.fr/

pluridisciplinaire, réunissant l'informatique et les Sciences humaines. L'intérêt de la notion d'appropriation est alors de fournir un terrain commun : elle intervient en informatique dès la conception des dispositifs et elle renvoie en Sciences humaines à la définition de la méthodologie d'évaluation.

Les travaux de recherche sur l'étude de l'intégration TIC, l'usage de TIC, par rapport à un apprentissage relatent les caractéristiques de l'appropriation. Ces caractéristiques concernent la spécificité des utilisateurs et le contexte d'usage. Pour les enseignants au niveau de l'enseignement primaire, une modalité d'appropriation des enseignants existe qui passe par la réalisation des activités d'apprentissage avec les élèves et la communication avec les parents d'élèves (Codreanu et al., 2017). Dans le rapport d'activité de Masson (2018), une expérimentation sur le processus d'appropriation fait état de quatre étapes (l'amorce, la confiance, la construction et l'autonomisation), en se basant sur le modèle d'une pédagogie active avec des personnes en situation d'exclusion et également vérifié auprès des apprenants en formation professionnelle (Plantard, 2016). Par ailleurs, l'appropriation se construit dès que la conception et l'usage se conjuguent. C'est-à-dire, lorsque la modélisation des actes des acteurs se traduit par l'organisation et la mise en place d'un certain type d'accès aux données, de fonctionnalités, d'outils d'autonomisation. Au fur et à mesure de ces confrontations, la compréhension des usages par l'utilisateur commence à prendre sens pour lui. (Bourdet, 2009). Les apports de la théorie de genèse instrumentale (Rabardel P. , 1995)ont été vérifiés ainsi que les moyens pour recenser plus finement les indicateurs de l'appropriation (Duthoit et al. 2012). Ces indicateurs sont l'individuante[40], le nombre de médiations actives[41] et la genèse professionnelle[42] (Béguin, 2005 cité par Duthoit et al. 2012).

Jusqu'à présent, nous avons parlé de l'appropriation du dispositif numérique ou d'un outil numérique. « L'appropriation du numérique » réuni à la fois l'appropriation du dispositif et celle de l'appropriation des contenus ou des informations. Cette dernière traduit le niveau de compétence informationnelle et les caractéristiques de la littératie numérique acquise. Notre recherche considère aussi la place du système informationnel dans le cadre de l'appropriation numérique.

[40] Ce qui donne une forme individuelle. La genèse instrumentale est liée à un certain nombre de facteurs externes : contexte, expertise et temporalité,

[41] On peut avoir à la foi la médiation épistémique, pragmatique, heuristique et collaborative

[42] « Les genèses professionnelles concernent le développement, par le sujet, des ressources de son action : la constitution des instruments (comme durant les genèses instrumentales), mais aussi de beaucoup d'autres aspects, tels que les développements des conceptualisations et compétences (Pastré, 1999), ainsi que des formes organisées de l'action au sein des collectifs » (Beguin, 2007 cité par Duthoit & al. 2012)

Le niveau de littératie numérique relatif aux systèmes numériques auxquels sont confrontés les apprenants, nous amène à étudier les étapes nécessaires de ce processus d'appropriation. Pour cela, nous nous inspirerons de la démarche de Plantard (2016), compte tenu des résultats probants de l'expérimentation de Masson en 2018. Ces travaux rendent compte d'un modèle de parcours d'appropriation d'outils numériques chez des jeunes adultes victimes d'exclusion et en situation de réinsertion ainsi que des apprenants en formation professionnelle.

Notre contexte s'inscrit dans le cadre des utilisateurs dont les compétences sont restreintes pour utiliser correctement les outils numériques. Cette carence peut les amener à être exclus d'un cursus de formation. Nous considérons ces blocages comme des facteurs d'exclusion et la pédagogie active, comme notre recherche, souhaite relever ce défi en éliminant les blocages. Le Tableau VIII.*6* représente une synthèse de quelques travaux de recherche concernant l'étude de l'appropriation des dispositifs numériques.

Tableau VIII.6 : processus d'appropriation Plantard en 2016 et autres processus.

Contexte	**objectif**	**méthode**	**résultat**	**Concepts/nos références**
Faire entrer les Écoles dans l'_ère du numérique par l'intermédiaire du dispositif « Collège connecté ». Il faut comprendre la complexité des transformations d'un collège lorsqu'il devient « connecté ».	Modélisation des parcours d'appropriation des technologies numériques par les enseignants	Articulation entre les modèles pédagogiques implicites[43] et les processus anthropologiques[44] de construction des usages des technologies numériques internes et externes	Les parcours ancrés temporellement en quatre phases distinctes : amorce, confiance, construction et autonomisation	Praxi, Axi, Pschy, Briconnage, Butinage, Bricollage, Plantard Pascal. 2016.
Après le déploiement des ENT dans l'enseignement	Une évaluation des conditions d'usage d'un ENT (appelé	Étude basée sur la théorie d'activité. 1- : évalue les activités réelles	L'appropriation de l'outil (ONE) s'est produite	Basé sur l'activité

[43] Le modèle pédagogique implicite est formé par le pôle axiologique, le pôle praxéologique et le pôle psychologique

[44] Anthropologique de construction des usages numérique en interne : Braconnage, Bricolage et Butinage ; et celui de l'externe : techno-imaginaire, représentations, pratiques et usages

Contexte	objectif	méthode	résultat	Concepts/nos références
supérieur et secondaire, ils commencent à être utilisés pour l'enseignement primaire. Il faut étudier l'acceptation et l'appropriation des ENT par ce dernier.	ONE) par des enseignants du primaire.	effectuées par les enseignants sur ENT en analysant thématiquement le contenu des publications afin de comprendre comment les utilisateurs s'approprient l'outil. 2- : évalue les facteurs d'acceptation et de refus de la technologie, en décrivant la manière dont les enseignants vivent et perçoivent le rôle que l'ENT peut jouer sur l'évolution de leurs pratiques professionnelles.	notamment à travers les activités pédagogiques et de communication avec les parents d'élèves. L'acceptation favorable de cet ENT est due à la facilité d'usage et d'adéquation de l'interface aux enseignants et jeunes enfants.	Elena CODREANU. 2017.

L'expérimentation rend compte (rapport Masson, 2018, (Plantard, 2016)) d'un modèle de processus d'appropriation des outils numériques par les enseignants du primaire. Quatre phases seraient nécessaires pour l'appropriation des outils numériques par les enseignants issus des dispositifs « Réseau d'éducation prioritaire », « Plus De Maître Que De Classe », « Unité Pédagogique pour Elèves Allophones Arrivants » et « Unité Locale pour l'Inclusion Scolaire ». Masson a affirmé la réalisation des quatre phases de l'appropriation chez les enseignants du primaire utilisant les dispositifs Réseau d'éducation prioritaire (Plus De Maitre Que De Classe ou PDMQDC, Unité Pédagogique pour Elèves Allophones Arrivants ou UPE2A et Unité Locale pour l'Inclusion Scolaire ou ULIS).

Nous avons identifié les catégories des testeurs et les utilisateurs finaux, et nous avons tenu compte de l'étude des concepts d'appropriation du numérique pour choisir la méthodologie de la recherche et les modalités d'intervention. Codreanu et ses équipes organisent une activité pédagogique pour réaliser l'étude. Cette expérimentation se manifeste dans un contexte d'obligation qui a certainement une répercussion sur la motivation des acteurs concernés.

Contrairement à celui du Plantard qui propose une expérimentation avec l'accord du sujet. Cette adhésion renforcerait la motivation de l'apprenant à suivre une formation de type auto-apprentissage. Il est à la fois apprenant et enseignant.

En outre, les résultats des travaux de recherche de Plantard, seront détaillés aux paragraphes suivants, et en particulier les étapes de l'appropriation. A partir des modèles de l'appropriation de Plantard, sur *Tableau VIII.6*, nous essayerons de lister les fonctions qui peuvent être modélisées en outils de suivi et pourront être programmées en informatique. En revanche, ces fonctionnalités programmées en informatique demandent une compétence à chaque manipulation et évoluent avec les mises à jour effectuées périodiquement. En quoi consistent ces compétences ?

VIII.2.2 L'amorce de Plantard

La définition de « amorce » correspond aux tâtonnements initiaux du sujet à prendre en main un outil numérique » (Plantard, 2016). Partant de cette définition, le sujet accepte l'intervention du numérique pour résoudre ces difficultés. L'amorce débute par cette acceptation et se termine par la suggestion qu'un environnement numérique résoudra aussi ses autres difficultés, comme progresser dans le vocabulaire de sa langue.

Plantard a décrit les étapes de la phase d'amorce. Ces descriptions nous permettent d'établir les actions correspondantes. En retour, ces actions seront transformées en tâches pour être programmées en informatique. Chaque réalisation des tâches exige une compétence. Sur la phase « amorce », on a pu lister sept différentes compétences. Ces compétences ne nécessitent pas le même niveau de connaissances. Par exemple, la compétence à identifier les besoins est basique par rapport à la compétence à manipuler l'outil.

Tableau VIII.7 : Les actions de l'amorce avec les fonctions numériques.

Description de l'état	**Action sur l'amorce**	**Présentation/fonction numérique**	**Compétence /connaissance correspondante**
adhérer à l'idée de soin et d'amorce pédagogique,	Inscrire à la formation ; Devenir membre de la formation ;	Enregistrer l'heure et date d'inscription ;	Compétence à manipuler l'outil, à compléter le formulaire
Moment où le sujet envisage son projet de formation,	Réfléchir/Mentionner les objectifs personnels	Cocher les options nécessaires	Compétence à identifier les besoins
L'étape où la personne esquisse l'expression de ses	Se renseigner sur les outils désirés à	Imaginer l'outil, exprimer les attentes sur	Connaissance en techno-imaginaire,

Description de l'état	Action sur l'amorce	Présentation/fonction numérique	Compétence /connaissance correspondante
désirs souvent sous la forme de besoins instrumentaux vis-à-vis des technologies.	manipuler pendant la formation	la représentation de l'outil	connaissance en numérique,
L'amorce est le temps premier du processus d'appropriation. L'amorce, c'est le temps de voir. C'est le temps du premier mouvement, de la rencontre avec l'objet qui attire.	Découvrir l'outil numérique	Naviguer/consulter l'outil, échanger avec les autres sur les contenus, Définir l'outil,	Connaissance sur les productions de l'outil ; connaissance sur les transformations possibles

Les actions qui caractérisent « l'amorce » (deuxième colonne du tableau) , ont été réalisées par les 20 apprenants testeurs de façon indifférente. La phase « amorce » des apprenants, pendant l'expérimentation, s'est déroulée pendant une discussion basée sur la connaissance du livre manuel, la connaissance sur la connectivité d'un téléphone portable et sur la motivation d'apprendre à lire, à écrire et à calculer. La particularité de leur phase d'amorce exprime leur degré de motivation. Le désir à apprendre à lire et à écrire se transforme en motivation. En général, l'envoi et la lecture des messages de façon autonome, non seulement sur le téléphone portable, mais aussi sur les réseaux sociaux les ont incités à suivre cette formation. La découverte et la comparaison des contenus de la version numérique avec celle de la version papier du livre manuel ont marqué la phase d'amorce. La surprise a été grande de constater l'accessibilité à tout moment de la version numérique du manuel de lecture. L'adhésion à la formation est réalisée à partir de l'acceptation à suivre la formation et se vérifie par leur présence physique dans la salle de formation. Une séance de récit sur l'histoire du livre manuel a été organisée ainsi que la découverte de l'application. La phase amorce initie le développement de la culture numérique.

VIII.2.3 La confiance de Plantard

La confiance se manifeste par l'identification d'une restauration narcissique de l'estime de soi. Il se résume par l'attitude positive du sujet. L'expérimentation de Masson caractérise

la confiance par s'autoformer, soutenir/dépanner les autres utilisateurs, des comportements positifs des apprenants envers le professeur, des comportements positifs des familles de l'apprenant. La confiance repose non seulement sur l'outil, mais aussi sur les contenus fournis par l'application. Une utilisation pédagogique positive des outils numériques entraîne un sentiment de confiance, ainsi que du plaisir. Le Tableau VIII.*8* récapitule les étapes de la phase de confiance.

Tableau VIII.8 : description des fonctions de la confiance.

Description de l'état	**Action sur la confiance**	**Présentation/fonction numérique**	**Compétence /connaissance correspondante**
La confiance, c'est la phase du choix, de l'engagement, c'est avoir confiance dans le dispositif	Croire en sa solidité et sa robustesse.	Garantir l'exactitude/la stabilité des services à fournir et sont fournis	Savoir se servir avec le dispositif
Accompagnement de l'entourage en cas de besoin	Recourir au soutien et aider les proches ou les personnes	Guide/manuel/prescriptions d'utilisation	Maîtriser l'utilisation d'un guide
Pour les acteurs du dispositif, c'est réussir à convaincre le collègue que l'initiative est possible et qu'il est capable d'y arriver.	Organiser des échanges, de sensibiliser les équipes sur un même objectif	Partage, communication,	Savoir partagé et communiqué
Partage de la compétence avec la société	Tisser le lien avec les autres et modifier l'organisation, la temporalité et l'interaction sociale	Échanges avec les autres	Compétence communicationnelle

La phase confiance s'exprime par la satisfaction de la réponse aux problèmes fournie par le dispositif numérique à première vue. Dans cette phase, cette satisfaction dépend de la crédibilité de la source des informations traitées. C'est une étape imaginaire, mais non encore pratique. Pendant l'expérimentation, la reproduction fidèle des contenus du manuel basculé en version numérique garantit la crédibilité de la source de la source d'origine, ici le manuel

de lecture (Tableau VIII.*8*, colonne 3). Les apprenants n'hésitent pas à réaliser la formation dès qu'ils ont identifié que l'application a été strictement construite à partir du manuel de lecture. Les échanges sur la présentation de l'application ont commencé par les couleurs utilisées similaires à ceux du livre manuel. Puis des questions ont fusé sur le degré de similitude entre version numérique et version papier. Ces questions de type à la fois techniques et pédagogiques ont été posées à l'encadrant de la formation. Parfois, il est difficile de trouver les mots techniques pour traduire les expressions des apprenants et des testeurs. Du coup, utilisateurs et encadrants de la formation cherchent ensemble les mots les plus significatifs. La découverte de l'application a été à peine amorcée à ce stade.

VIII.2.4 La construction de Plantard

La construction de Plantard, Tableau *VIII.9*, s'exprime par la naissance d'un projet d'utilisation de l'objectif prédéfini à son étape ultime. L'enseignant réalise le projet d'enseignement avec le dispositif numérique jusqu'à l'obtention des premiers résultats. Ces résultats obtenus enrichiront le futur de ses pratiques qui peuvent être individuelles ou collectives. Dans Tableau VIII.*9*, colonne 2 ligne 4, il est fait état en particulier des avantages plutôt que les blocages rencontrés dans l'utilisation de ces applications numériques pédagogiques. Pour l'apprenant, il arrive à réaliser la formation jusqu'à l'obtention des premiers résultats effectifs. Ces résultats seront communiqués collectivement et en détail aux intéressés et aux pairs pour créer une conscience collective du chemin parcouru et du chemin qui reste à parcourir.

Tableau VIII.9: les fonctions de construction de l'action.

Description de l'état	**Action sur la construction**	**Présentation/fonction numérique**	**Compétence /connaissance correspondante**
C'est le moment de la clarification de la demande, de l'implication, de l'intégration.	Lister en détail les démarches à suivre pour la réalisation	Planification des tâches	Compétence à travailler avec les changements
C'est lors de la construction que l'on prend effectivement sur soi – pour soi – d'agir un projet pédagogique jusqu'à son terme	Enrichir les pratiques	Extension de la fonctionnalité des outils	Compétence à naviguer sur l'application
Dans cette phase, il est grand temps d'établir une relation solide, de s'informer, d'agir, car le pédagogue est capable d'affirmer ce qu'il sait faire.	Exprimer les avantages, sensibiliser l'usage,	Diffusion des informations,	Compétence d'accueil, de comparaison, d'écoute
C'est le temps de la médiation qui conduit à avoir des relations stabilisées entre pairs.	construire un projet à la fois personnel et collectif sur le temps long.	Collaboration avec des pairs pour atteindre un objectif	Compétence à collaborer

Pendant l'expérimentation, cette phase de construction a été constatée après la formation sur le mode d'utilisation de l'application. Chaque apprenant reprend à son compte sa réalisation de l'apprentissage. Il essaie de finir à temps le programme de formation proposé et demande d'anticiper la réalisation des futures pratiques ou essaie de découvrir les autres menus disponibles de cette application. Certains apprenants demandent des informations sur le mécanisme de construction d'une telle application, certains sur la possibilité de son extension (Tableau VIII.*9* colonne 3), et certains apprenants sur l'exactitude des illustrations par rapport à la réalité. En général, l'application a été décrite par rapport au niveau de connaissances des apprenants sur le numérique et aussi sur le basculement de la réalité vers la numérisation. En réalisant le projet individuel, le fondement de la construction repose sur la capacité du dispositif à être à l'écoute des apprenants. Établir des échanges clairs et vulgarisés entre concepteurs et utilisateurs est essentiel pour la réussite du dispositif de formation.

VIII.2.5 L'autonomisation de Plantard

Plantard a utilisé le mot bricolage pour l'état de la phase « autonomisation ». Dans le sens de l'appropriation, bricolage veut dire l'art de faire avec ce que l'on a. C'est exécuter un grand nombre de tâches diversifiées dans un univers instrumental clos, avec un ensemble fini d'outils et de matériaux pour réaliser un projet déterminé. Tous les usagers du numérique bricolent avec les instruments qui les entourent comme jadis, le collectifur-cueilleur le fit avec le grand garage de la nature qui l'entourait (Plantard, 2016). De « l'âge du fer » d'hier (Levi-Strauss, 1962) à « l'âge du faire » d'aujourd'hui (Lallement, 2015), ça bricole.

Tableau VIII.10 : les fonctions de l'action d'autonomisation.

Description de l'état	**Action sur l'autonomisation**	**Présentation/fonction numérique**	**Compétence /connaissance correspondante**
Le temps où la mission d'éducation émerge des réalisations technos pédagogiques.	Apprendre avec le numérique	Disponibilité des ressources pédagogiques	Compétence à utiliser une plateforme pour apprendre
C'est le temps de l'émancipation du sujet libéré.	Être au courant de l'évolution de la technologie numérique	Accessibilité aux nouveautés de la technologie numérique	Connaissance sur la dernière nouveauté technologique
C'est le temps d'agir, de produire, de travailler dans un collectif où chacun reconnaît sa place.	Exploiter le numérique	Historique des interventions effectuées	Résultats/évaluations des travaux/interventions effectués
C'est le temps de proposer son aide aux collègues plus novices qui restent sur le pas de la porte du processus : l'amorce.	Être le formateur des novices	Validation des compétences	Certificat/évaluation/valorisation la compétence numérique

La production avec le numérique (Tableau *VIII.10*, colonne 1) n'est autre que la capacité de l'utilisateur à naviguer sur l'application pour atteindre les résultats attendus par rapport à ses actions. La satisfaction de l'utilisation est acquise par l'utilisateur. Ce dernier maîtrise la potentialité du numérique pour ses besoins personnels et sociaux.

Cette phase n'est pas encore atteinte par la plupart des testeurs. Seul l'apprenant qui utilise une tablette depuis quelques années aboutit à l'autonomisation au cours de la formation. Il se permet de demander s'il y a d'autres applications de même type que ce que nous avons utilisé. Il atteint le niveau intermédiaire d'expertise. Le niveau avancé reflète l'extension de

l'apprentissage dans les autres domaines que l'alphabétisation. Pour exemple, apprendre à lire les magazines en ligne, utiliser les réseaux sociaux pour communiquer avec les amis ou les familles. Parfois, il arrive à prendre le relais de l'encadrant de la formation en termes techniques.

VIII.2.6 Analyse du processus d'appropriation « αβGasy@mobile »:

Nous prenons le cas d'une apprenante âgée de 24 ans pour analyser le processus d'appropriation du dispositif numérique. Cet apprenant a utilisé le téléphone portable depuis 2016 et a quitté l'école à l'âge de 12 ans au niveau de CE1. Elle est femme de ménage depuis quelques années et travaille à titre permanent dans une famille aisée.

Phase Amorce : À la découverte du livre « *Lala sy Noro* » en version numérique, elle a sorti le sien très usé en s'écriant que le numérique est la copie entière de la version papier. Elle a accepté tout de suite d'accéder à l'application en ligne via la tablette (celle de son employeur). Elle n'était pas complexée par son âge pour suivre la formation en alphabétisation dès qu'elle a vu le livre de son enfance. Elle n'a jamais suivi des formations en utilisant la tablette. Par contre, elle a joué avec son téléphone portable à un jeu qui semblait répétitif. Peu à peu, elle se désintéresse de ce jeu. Après ce petit moment de résistance, la phase d'amorce s'est ensuite accomplie sans hésitation. Ce phénomène est constaté pour l'ensemble des apprenants. Leur familiarisation avec la version papier a facilité la phase d'amorce. Plantard a constaté cet acquis : l'apprenant soit se lance dans l'apprentissage, soit le délaisse immédiatement. Cela est possible s'il consent de lui- même à se lancer plus loin dans l'apprentissage.

Confiance. Nous avons constaté la naissance de la confiance dès que les contenus de l'application ont été identifiés comme étant identiques à ceux du livre. Elle a dévoilé une forte acceptabilité de l'application. Les conversations sur le contenu avec l'apprenant traduisent une prise de conscience des changements que peut apporter le numérique. Elle a proposé à certains de ses amis et à des membres de sa famille de suivre la formation. La satisfaction des manipulations et le plaisir de partager vont dans le sens d'une confiance grandissante en l'application. Les apprenants nous ont demandé l'accès permanent à la version numérique du livre. La fiabilité des contenus et un apprentissage productif ont renforcé la confiance de l'apprenant. Selon Plantard, la confiance en l'application est confirmée quand les apprenants s'autorisent à venir à la rescousse de leurs camarades, lorsqu'ils rencontrent des difficultés qu'ils ont déjà surmontées.

Construction. La durée de son premier apprentissage a dépassé la durée initiale prédéfinie. Elle n'a quitté l'application que lorsqu'elle a atteint l'objectif du jour. À chaque passage au centre de formation, elle s'attarde de plus en plus. Elle réussit à identifier la lettre « a » et reproduit les différentes formes cursives de cette lettre sur l'application. Le nombre d'interactions sur l'application est de l'ordre de 30 par jour, ce qui est un score très élevé par rapport au pronostic, elle obtient aux essais une évaluation assez satisfaisante. Pour cette lettre, elle fait le tour des exercices proposés sur l'application.

Autonomisation.

Le fait que la connaissance du livre manuel soit faite depuis l'enfance, la réussite de l'appropriation du nouvel outil n'a pas été difficile. Le basculement en numérique a promu l'accès au livre gratuitement et a contribué à sa réputation. Après les explications plus détaillées sur le fonctionnement de l'appareil avec Internet, les apprenants essaient de résoudre individuellement les problèmes techniques comme la connexion, le redémarrage de l'ordinateur s'il est nécessaire, la recharge pour la connexion dans le cas d'épuisement de leur forfait.

Pour vérifier, leur degré d'autonomie, l'indicateur passe par le nombre de clics. Si les apprenants parviennent aux résultats escomptés avec le moins de clics, cela traduit un bon niveau de performance pour configurer l'ordinateur de façon autonome.

Il faut parler de **l'instrumentation de Rabardel :**

La connaissance préalable des contenus facilite l'appropriation de la plateforme. L'appropriation du contenu pour les déscolarisés est quasi automatique, du fait de leur familiarité avec le livre. En revanche, les plus jeunes ou la génération récente auraient plus de difficultés, car le livre ne leur est pas familier.

Dans la suite du document, nous faisons référence au niveau de compétences ou au niveau de connaissances pour désigner le profil d'un apprenant et celui du dispositif.

VIII.3 Orchestration de l'appropriation avec la compétence du/en numérique

L'appropriation du numérique est l'adaptation de l'utilisateur au numérique, notamment l'acceptation des changements dus à l'intégration du numérique. Ce changement peut s'expliquer par la transformation des habitudes vers un mode de vie moderne. Par ailleurs les compétences en numérique renvoient la capacité ou les connaissances approfondies de l'outil numérique. Nous avons déjà évoqué à la section VII-2 ce qui concerne les certificats en numérique que certains pays utilisent. La compétence numérique se traduit par l'inclusion

à la transformation. Et c'est la raison pour laquelle nous travaillons sur l'orchestration de l'appropriation avec la compétence via la proposition d'une taxonomie des compétences en numérique.

Nous postulons que la taxonomie des compétences en numérique contribue à la conception d'un dispositif numérique centré sur le cycle de vie du profil d'un apprenant ou un utilisateur. C'est en ce sens que nous essayons d'aborder la problématique identifiée en intégrant les composants des domaines, les facteurs humains et de l'informatique, et notamment, en mettant en place une méthodologie de conception répondant aux usages, inspirée d'éléments du domaine des facteurs humains des usages IHM.

VIII.3.1 La taxonomie des compétences numériques

Nous nous sommes basées sur les descriptions des concepts de la littératie numérique par la médiation pédagogique de Buckingham et celles des descriptions données par Plantard des processus de l'appropriation du numérique dans un collège connecté, pour établir la taxonomie de la compétence en numérique. Pour approuver les concepts de chaque étape, nous nous appuyons sur le diagramme d'activité UML de ces deux concepts. Le résultat obtenu produit explicitement la structure de l'étape concernée avec les éléments de base pour décrire les concepts numériques adaptés au contexte de l'utilisateur (sur la dimension utilisateur, sur la dimension compétence, sur la dimension apprentissage).

La compétence est jugée par l'évaluation des tâches effectuées, ce qui explique que nous établissons le diagramme de tâches selon l'utilisation d'une application, à travers les concepts de Buckingham et le processus de Plantard. Ce modèle dual introduit au chapitre I caractérise les étapes des transitions. La taxinomie que nous proposons (Figure *VIII.1*) établit une liste non exhaustive des transitions prototypiques, caractérisées sur deux axes : temporel et contextuel.

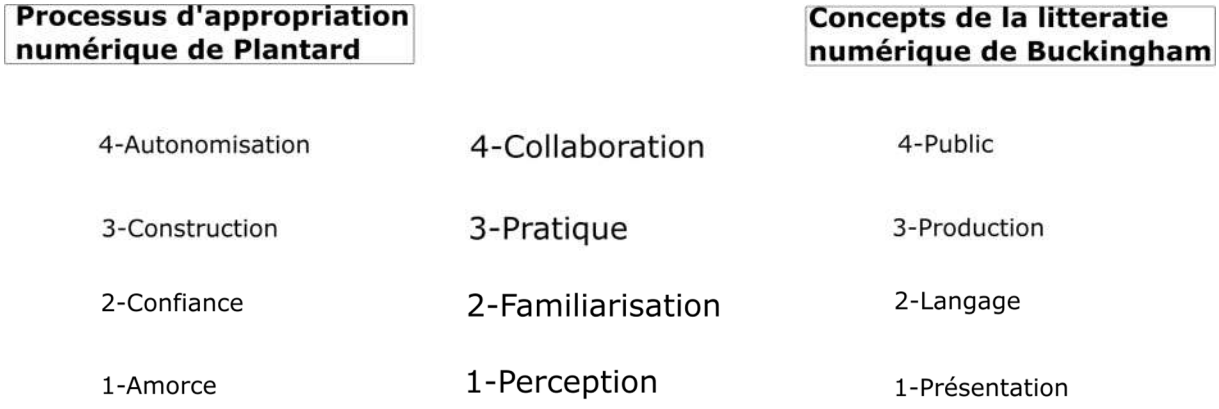


Figure VIII.1: La taxonomie de la compétence de base en numérique

La taxonomie sur la compétence en numérique contribue à la conception d'un dispositif numérique centré sur le cycle de vie du profil d'un apprenant ou un utilisateur.

À partir du diagramme d'activité UML de chaque niveau de compétence nous définissons les actions ou les tâches élémentaires relatives à la compétence. La liste de compétences est déduite donc à travers les tâches. Le diagramme d'activité UML définit un comportement décrit par un séquencement organisé d'actions. À son tour, l'action est l'opération atomique interruptible du processus à chaque état du système. Dans le diagramme d'activités proposé, nous présentons donc les correspondances de notre taxinomie avec de la compétence de base avec, en magenta les phases de progression de Buckingham dans sa «définition de la littératie numérique » et en bleu celles de Plantard dans sa description du « processus d'appropriation ».

Nous appelons les différentes phases du parcours de la littératie numérique, "Niveau"

VIII.3.2 Niveau 1 : la « PERCEPTION » ou base du skill

Larousse a défini la « perception » par l'idée de compréhension plus ou moins nette de quelque chose. Dans notre concept, ces idées de compréhension réunissent les caractéristiques fondamentales de *la représentation* de Buckingham et *l'*amorce de Plantard.

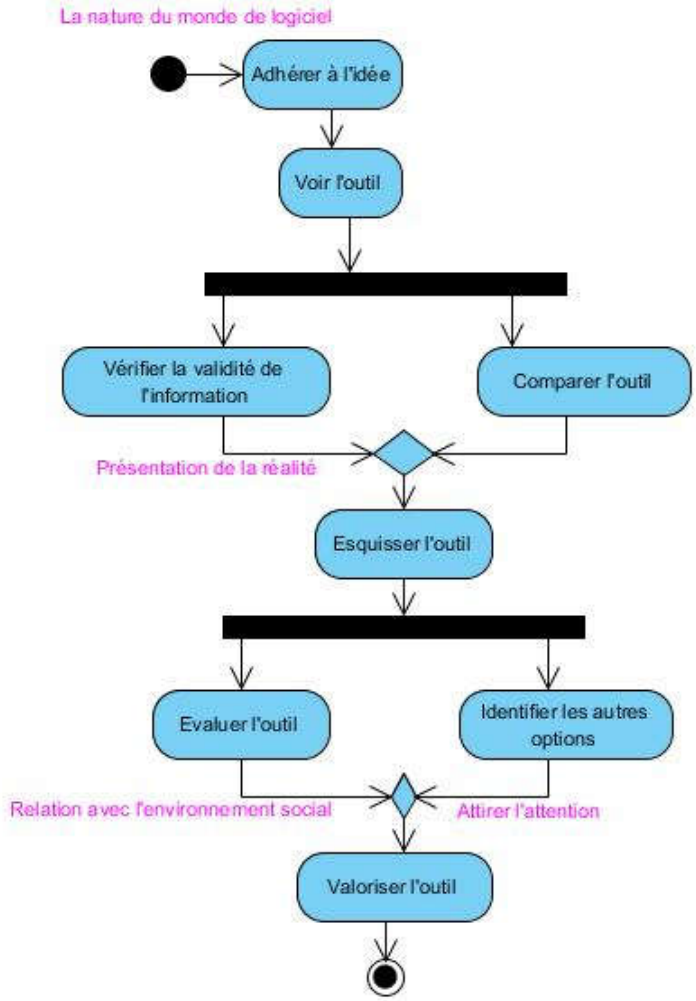


Figure VIII.2: Diagramme d'activité Amorce et Représentation

Au niveau de la compétence "Perception" du modèle "AβGasy@mobile", nous avons huit activités ou tâches à réaliser ou à respecter et quatre conditions.

Tableau VIII.11 Les concepts "Perceptions" pour « αβGasy@mobile »

Les activités de la compétence « Perception »	**Les activités de la « perception » avec « αβGasy@mobile »**	**Mode d'acquisition par les apprenants**
Avoir participé à la description au choix de l'outil; Avoir vu ou rencontré le support numérique; Vérifier la validité des informations Comparer les contenus avec d'autre outil de la même famille ;	La connaissance sur l'application d'apprentissage ; La connaissance sur l'usage du téléphone portable ; La connaissance sur l'usage et les contenus de « Lala sy Noro » ; La connaissance sur les autres applications d'alphabétisation ;	Explication sur la base du support de la formation ; Les prérequis sur la manipulation d'un téléphone portable ; Présentation du livre « Lala sy Noro » aux apprenants ; Connaissance sur l'installation des jeux

Les activités de la compétence « Perception »	Les activités de la « perception » avec « αβGasy@mobile »	Mode d'acquisition par les apprenants
Esquisser l'outil ; Identifier les autres options ; Évaluer l'outil Valoriser l'outil	Avoir une imagination sur l'apprentissage avec un téléphone portable La connaissance sur les contenus de l'apprentissage Connaissances sur les autres logiciels ; Choix de l'application à utiliser.	dans le téléphone portable ; Questions-réponses sur les outils à utiliser pendant l'apprentissage ; Explication sur la formation et les contenus de l'apprentissage ; Avoir joué avec les jeux dans le téléphone portable ; Les apprenants alphabétisés

Au point de vue technique, la compétence au niveau "perception" intègre les principes du « techno-imaginaire » d'un dispositif numérique d'apprentissage humain. La compétence est initiée par la curiosité et l'affordance. La curiosité engendre la suite des activités et l'affordance incite à la réalisation. L'activité est démarrée par la curiosité sur les informations concernant la formation et se termine par la valorisation de l'application. Donc, les précisions sur les contenus sont importantes avant de valoriser l'application.

Notre concept de la Perception pour caractériser cette phase ajoute aux représentations de Plantard et de Buckingham, des éléments contenus dans la définition proposée en 1977 par le psychologue James Gibson. Gibson propose en effet de considérer comme faisant partie de la notion de perception, et c'est en cela que le terme et le concept nous intéressent, son feedback : "l'affordance". Pour Gibson, l'affordance d'un objet, qui ne dépend ni des besoins de l'utilisateur, ni de son action de perception, mais est suggérée par l'objet lui-même, est une partie constitutive de cet objet et rentre donc dans la perception que l'on va avoir de cet objet. Mais il précise que l'affordance n'est pas à proprement parler une propriété à part entière, elle résulte en fait de combinaisons de représentations objectives et d'autres subjectives dépendant du contexte (Gibson, 1977).

Les concepts de la compétence au niveau de la perception sont à déterminer à travers les modes d'acquisition et les activités réalisées. Cette étape sera étudiée dans la section « Les modèles ou les concepts de la médiation de base ».

VIII.3.3 Niveau 2 : la « FAMILIARISATION » :

Différentes définitions sur la familiarisation sont disponibles dans les ressources pédagogiques, mais nous prenons celle du dictionnaire de l'Internaute.fr. C'est un processus qui consiste à s'habituer à des individus, une situation ou des objets. Cette définition rend bien compte dans le contexte du numérique, de cette phase l'acquisition des compétences.

Dans le modèle de Buckingham, la familiarisation avec un dispositif repose sur la capacité à décoder le langage de communication. Cette capacité de décodage renvoie à la confiance de Plantard qui est le seuil d'un partage de la notion d'usage par tous les utilisateurs. La solidité du contenu du dispositif est prise en compte dans cette phase, d'où l'importance d'un contenu déjà familier aux utilisateurs. Cette solidité contribue d'une manière potentielle à la conquête de la confiance du dispositif numérique. Elle soutient la phase de décodage du langage de communication utilisé par ce dispositif. En général, la compréhension est une phase de prise en main pour la première fois du dispositif concerné. Son impact reflète la connaissance de l'utilisateur du domaine d'usage et de l'objectif.

Nous avons pris les concepts de la « confiance » de Plantard et le « langage » de Buckingham pour identifier les concepts de la compétence au niveau 2 ou la « familiarisation ». La confiance n'a pas de valeur si on ne sait pas à quoi on fait confiance. La maîtrise du langage répond à la question du « quoi ».

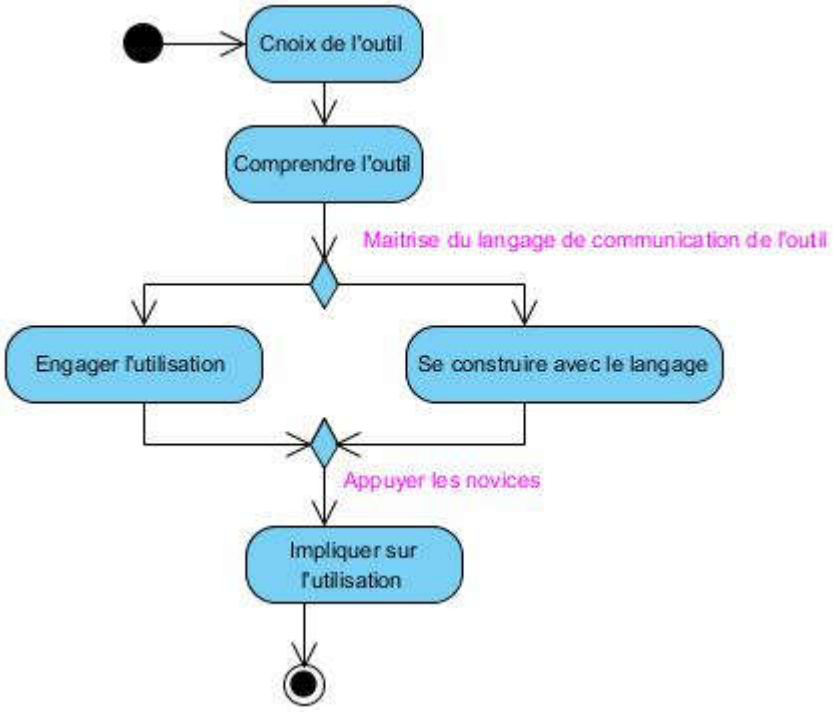


Figure VIII.3: Diagramme d'activité "Confiance" et "Langage"

L'analyse du diagramme d'activité (**Figure *VIII.3***) permet de lister les propriétés de cette compétence. Après le choix, il faut comprendre l'outil numérique. Notamment, maîtriser son mode de manipulation et s'engager à l'utiliser correctement. L'auto-formation dénote ici la confiance ainsi que la maîtrise du langage de communication avec l'outil.

Tableau VIII.12 Les concepts "familiarisation" pour « αβGasy@mobile »

Les activités de la compétence « familiarisation »	**Les activités de la « familiarisation » avec « αβGasy@mobile »**	**Mode d'acquisition par les apprenants**
Choisir l'outil à utiliser Comprendre l'outil Engager l'utilisation Se construire avec langage Exploiter l'utilisation de l'application	Apprendre à connaître l'application « αβGasy@mobile » ; Apprendre la langue de communication utilisée par « αβGasy@mobile » ; Commencer la formation ; Commencer l'apprentissage avec le langage de l'application Apprendre comment apprendre à écrire, à lire et compter dans « αβGasy@mobile »	Explication sur le mode d'utilisation « αβGasy@mobile » ; Explication sur les chartes graphiques et la navigation ; Saisir les informations sur les apprenants ; Apprendre avec la langue malgache de « αβGasy@mobile » Commencer l'apprentissage de la lettre « a »

En informatique, le support du langage de communication utilisé pour exprimer les contenus est l'Interface Homme Machine. Aujourd'hui, cet outil intègre la propriété multimédia pour communiquer avec les utilisateurs et la propriété multimodale pour organiser le déroulement de la communication. Et même dans l'« Internet des Objets » (Io ou IoT) qui exige de hautes compétences pour l'utilisation des objets connectés, on simule le mode de communication naturelle. Pour l'application **AβGasy@mobile**, le langage de communication est basé sur les photos originales malagasy avec une charte de couleur inspirée par le livre « Lala sy Noro » pour apprendre à écrire et à lire la langue malgache dont le contenu est issu. Toutes les générations depuis les années 1960 qui ont fréquenté les écoles publiques ont certainement eu ce livre entre les mains. Dans notre expérience, ce prérequis a tenu un rôle important au début de l'utilisation de l'application. L'IHM déjà familier est facile à reconquérir. Les détails de la conception pour un tel type d'IHM sera étudié à la section « Médiation de la familiarisation »

VIII.3.4 Niveau 3 : la « PRATIQUE » :

La compétence "pratique" qui définit le niveau trois du modèle correspond au niveau trois de la taxonomie de Bloom. Cette étape est nécessaire à toute phase d'apprentissage. L'apprenant montre son aptitude à utiliser l'application au travers d'une procédure dans une situation donnée. Cette étape est le point commun entre les concepts de production de Buckingham et la construction de Plantard. La production et la construction amènent techniquement au point de satisfaction face aux solutions proposées par l'application. C'est une pratique non seulement dans le sens d'un simple usage, mais aussi dans le cadre du soutien à l'usage. Ce type de soutien se manifeste à travers la capacité de l'application à s'adapter au contexte de l'usage du dispositif et aux besoins spécifiques de l'utilisateur.

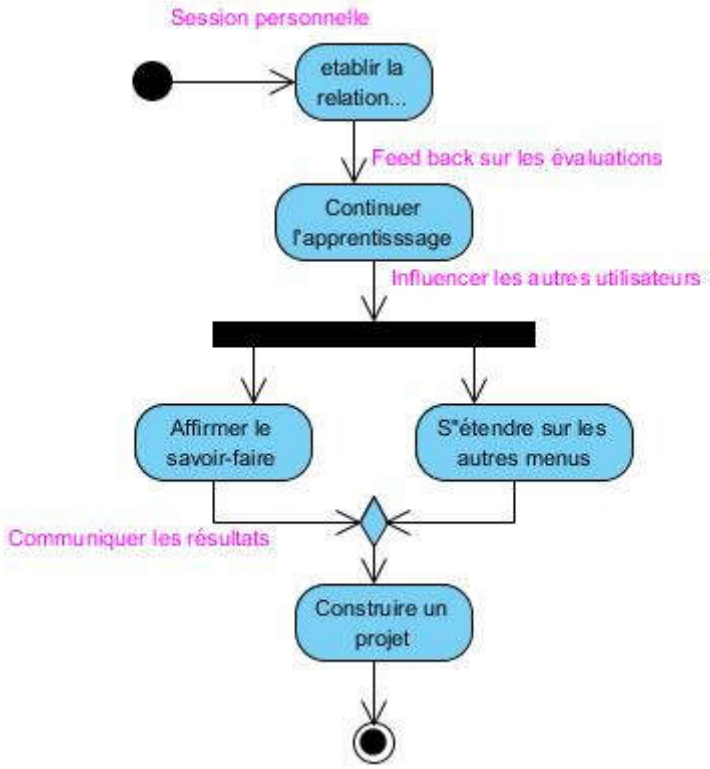


Figure VIII.4: Diagramme d'activité "Construction-production"

En littérature, la construction est l'assemblage et la production est un fait. Les concepts de Buckingham et de Plantard respectent ces définitions. Le diagramme d'activité (Figure VIII.*4*) liste les cinq compétences de base de la pratique. Avec le numérique, la pratique est l'interactivité entre l'homme et l'application. C'est-à-dire, les IHM proposées permettent aux utilisateurs de réaliser leur objectif par l'intermédiaire des interactions. La réussite de l'interaction se termine par l'extension de l'usage qui n'est pas seulement l'atteint de l'objectif pour les applications ayant une réputation de réussite. En occurrence, C'est la partie

importante de l'évaluation de la conception IHM mobilisée. Ce résultat se mesure à travers le taux de réussite par rapport au résultat attendu des apprenants, aussi bien dans le cas d'une application de type apprentissage humain, et que pour les autres cas d'utilisation.

Tableau VIII.13 Les concepts « pratique » pour « αβGasy@mobile »

Les activités de la compétence « pratiques »	**Les activités de la «pratique» avec « αβGasy@mobile »**	**Mode d'acquisition par les apprenants**
Établir la relation solide avec l'application ; Continuer l'apprentissage Affirmer le savoir-faire ; S'étendre sur les autres menus ; Construire un projet ;	Réaliser l'apprentissage avec le compte personnel Atteindre les objectifs pédagogiques et communiquer les résultats Synthétiser les parcours effectués dans l'application ; Utiliser les menus autres que les menus d'apprentissage ; Essayer de trouver les mots inexistants dans l'application	La photo de l'apprenant s'affiche dans sa session avant les menus d'apprentissage ; Consulter les feed back des travaux effectués ; Indépendance de l'apprenant pendant l'apprentissage ; Utiliser les menus de guides et autres ; Apprendre à lire un autre livre en langue maternelle.

Avec l'application αβGasy@mobile, toute interaction de pratique se déroule sur une série de navigation et sera évaluée automatiquement. L'IHM de réalisation est inspirée de la pratique de la pédagogie traditionnelle transformée en pédagogie moderne. Notamment, différentes fonctions de communications ont été développées pour réaliser la pratique. Les détails de la conception pour un tel type IHM sera étudiés à la section « Médiation pour les pratiques ».

VIII.3.5 Niveau 4 la « COLLABORATION »:

La collaboration est le niveau visé par l'usage des dispositifs numériques. Cette compétence demandée dans notre intervention est un outil puissant sur l'échange de l'information à l'ère du numérique. Elle est la dernière phase de la compétence de base que nous proposons. C'est le seuil du développement durable non seulement dès le niveau de base, mais tout au long de l'utilisation du numérique. Elle combine les points communs de l'autonomisation de Plantard et le public de Buckingham. Public ou autonomisation se construisent à partir de travaux en ligne basés sur le partage, la mise à jour de l'information et les échanges.

Le diagramme d'activité (Figure VIII.5) propose sept activités qui correspondent aux compétences à avoir pour être capable de réagir en collaboration sur l'application. Elles sont basées sur le principe de partage, de collecte et d'échanges d'informations.

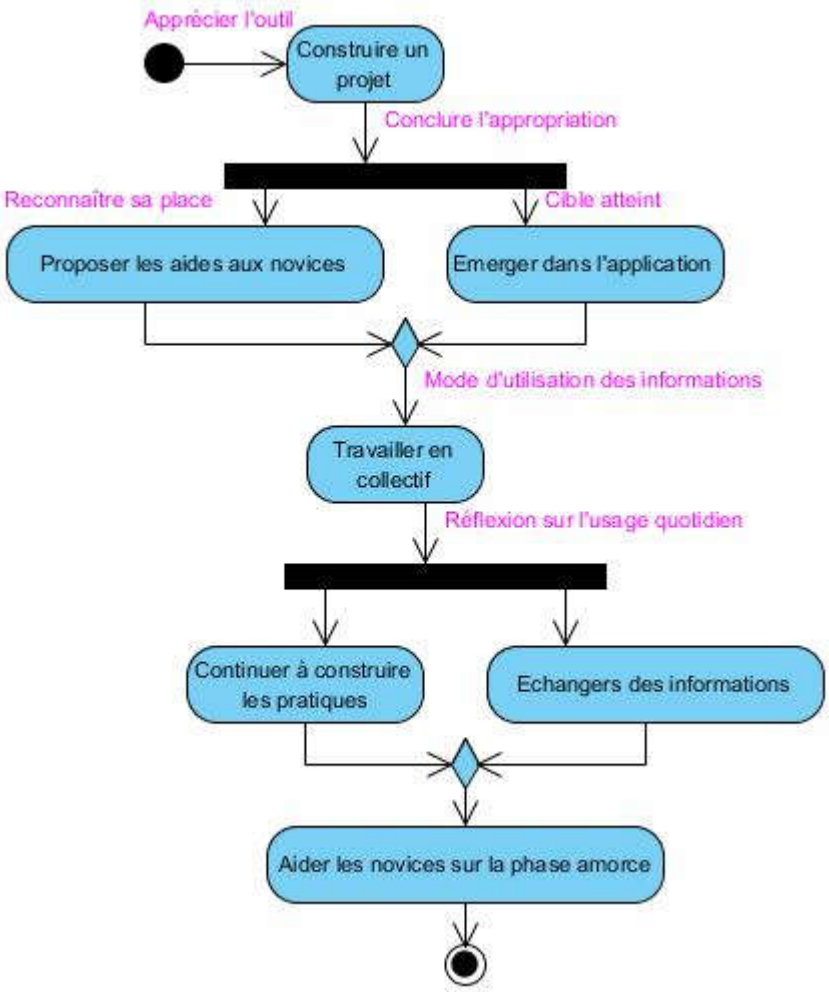


Figure VIII.5:Diagramme d'activité "Autonomisation" et "Public"

Avant le partage avec le public, l'apprenant doit être autonome sur l'utilisation, être capable de faire avec ce qu'il a acquis. À cet effet, les connaissances acquises deviennent solides et l'utilisation des autres options est davantage pour résoudre et soutenir les besoins de l'utilisateur. Les connaissances s'enrichissent tant qu'on partage et échange avec les autres utilisateurs ou les pairs.

Tableau VIII.14 Les concepts "Collaboration" pour « αβGasy@mobile »

Les activités de la compétence « collaboration »	**Les activités de la «collaboration» avec « αβGasy@mobile »**	**Mode d'acquisition par les apprenants**
Construire un projet ;	Élargir l'apprentissage sur une autre manière (culture informationnelle) ;	Aider et soutenir les apprenants en difficulté lors de l'apprentissage ;

Les activités de la compétence « collaboration »	Les activités de la «collaboration» avec « αβGasy@mobile »	Mode d'acquisition par les apprenants
Émerger dans l'application Travailler en collectif Renforcer ou continuer les pratiques; Échanger des informations	Se trouve à la mi-parcours de l'apprentissage avec le statut de réussite ; Assistances des apprenants à l'apprenti ; Utilisation des outils de communications sous différents formats de présentations ; Utiliser les outils de collaboration en ligne ;	Réussite de l'apprenant dans un intervalle de temps apprécié ; Aider et regarder les apprentis ; Utilisation de l'écran pour écrire, microphone pour parler, … Recherche ensemble les réponses du problème annoncé ou rencontré ;

À l'ère du numérique, la plateforme de collaboration est caractérisée par l'Intelligence collective. Cette dernière valorise la diversification des expressions de connaissances sur un même domaine de connaissance. Dans la pratique, les IHM les plus utilisés pour ce type de compétence ou d'activité sont le forum, le tutorat et le groupe d'échange synchrone. Avec AβGasy@mobile, c'est une phase visée pour l'évaluation de l'apprenant. Elle sera orientée vers l'utilisation des réseaux sociaux en restant toujours dans le domaine d'apprentissage de base.

Les détails de la conception pour un tel type IHM seront étudiés à la section « Médiation pour la collaboration ».

VIII.4Les compétences de base

Dans les travaux de recherche, les modèles de niveaux de compétences de l'apprenant en numérique font référence à la littératie numérique. Nous, nous travaillons sur le niveau de compétences de base en apprentissage élémentaire et primaire. Nous étudierons ce que recouvre plus précisément la littératie numérique à ce niveau.

Après avoir présenté le processus de l'appropriation numérique, nous proposons de décrire les caractéristiques du niveau de littératie numérique des apprenants (Tableau *VIII.15*). Une partie de la représentation de Buckingham et de l'amorce de Plantard se traduit par la maîtrise des besoins en matière d'apprentissage. Ainsi l'apprenant ou l'utilisateur peut vérifier en fonction des besoins en apprentissage, si les résultats obtenus correspondent aux attentes. Par conséquent, il saura précisément quel type d'information il doit recueillir grâce aux outils numériques à disposition. Un téléphone portable adapté ou une tablette devront offrir les

conditions pour télécharger l'application. Par contre, l'écran n'est pas toujours adapté à l'écriture cursive et son apprentissage. La technologie numérique et son accès devraient innover et évoluer et les possibilités permettront d'offrir des performances techniques de plus en plus adaptées à l'apprentissage de la langue écrite.

Les caractéristiques du niveau de littératie numérique de l'apprenant (dernière colonne dans Tableau VIII.*15*) de Buckingham et Plantard ne sont pas exhaustives et peuvent être complétées par de nouvelles caractéristiques. Elles croissent en même temps que les performances des outils numériques. Nous proposons des listes de compétences augmentées pour étoffer le profil de l'apprenant en apprentissage de base. Le profil présenté renverra à un référentiel de compétences.

Nous présentons les différentes références théoriques en matière de littératie numérique de l'utilisateur qui nous permettront d'obtenir un modèle de profil d'apprenant le plus exhaustif possible (Jean Daubias et Phan, 2009). Ce modèle propose des profils d'apprenants plus détaillés, mieux structurés et prenant en compte différentes facettes des apprenants, pour ainsi tenir compte des performances personnelles des individus.

Tableau VIII.15 : Tableau de compétences Buckingham et Plantard.

Plantard (Processus d'appropriation domaine enseignement)	**Buckingham (liste des compétences de l'utilisateur)**	**Caractéristiques des compétences d'un apprenant**
L'amorce : Le sujet commence à adhérer avec soin, il envisage son projet de formation, il conscientise chaque action. Pour l'enseignant, c'est le début du questionnement pour faire partie du projet COCON[45]	**La représentation** : La raison de l'existence du dispositif ; la spécificité d'un dispositif par rapport à un autre, Cas de l'information textuelle : la source et la crédibilité de l'auteur promoteur du dispositif	**Être capable de** : 1-*exprimer* les besoins avec précision ; 2-*distinguer* la spécificité du dispositif numérique, 3-*savoir et saisir* les informations personnelles à la demande du dispositif ; 4-*réaliser* une techno-imaginaire sur la production et l'identité du dispositif, 5-*savoir décoder/lire* les langages de communication, 6-*communiquer* facilement/adapter avec le dispositif, 7-*sensibiliser* l'utilisateur principal du dispositif,
La confiance : Le sujet espère de l'aide, il engage et choisit le dispositif en fonction des points forts et de son degré de fidélité. Il sait rendre visible et lisible le dispositif dans une communauté avec des	**Le langage** : Fonctionnement du langage, analytique, du métalangage, de la grammaire, et du mode de communication Cas du site web ou de l'application : la structure et le design, les fonctions de	

[45] Collège Connecté (projet…

Plantard (Processus d'appropriation domaine enseignement)	**Buckingham (liste des compétences de l'utilisateur)**	**Caractéristiques des compétences d'un apprenant**
acteurs ayant le de même objectif. Pour l'enseignant du projet COCON, c'est la confiance en ce dispositif qui sera déterminante	communication avec les autres sites.	8- *savoir se servir* du dispositif ou application 9-*établir* une relation solide avec le dispositif, 10-*valoriser* les services rendus par le dispositif, 11-*construire* un projet personnel et collectif avec le dispositif, 12-*comprendre/identifier* les différents rôles de chaque acteur dans le dispositif 13-accompagner les nouveaux utilisateurs, 14-autodidacte sur l'utilisation du dispositif, 15-utiliser le dispositif pour résoudre des problèmes, 16- Maîtrise de la complexité du dispositif,
La construction : Le sujet exprime la satisfaction sur les réponses obtenues ; le sujet est capable de lister ce qu'il sait faire ;	**La production** : Le rôle et le type de chaque intervenant pendant l'interaction avec le dispositif, la valeur sociale des contenus échangés, Exemple : les valeurs commerciales des contenus publiés, leurs influences sur les publicités, sponsoring, etc.	
L'autonomisation la mission d'éducation émerge des réalisations techno pédagogiques : Les premiers pas du prisonnier vers la liberté, la libération de l'affranchi, le temps d'émancipation du sujet, le temps d'agir, de produire, de travailler dans un collectif où chacun reconnaît sa place, le temps de proposer son aide aux collègues plus novices qui restent sur le pas de la porte du processus de l'amorce	**Le public :** La position des publics (utilisateurs et amateurs) sur l'utilisation et la compréhension du dispositif Cas d'Internet : le mode d'accès à la navigation, la façon de l'utiliser dans la vie quotidienne.	

La colonne trois au Tableau *VIII.15* propose seize compétences en numériques nécessaires selon les concepts de Buckingham et Plantard. Il est difficile de maîtriser la complexité du dispositif lorsque la raison d'être de ce dispositif n'est pas encore connue. Cela indique qu'il y a d'ordre de connaissance à respecter.

Chapitre IX. Articulation entre les SIC et l'Informatique : La médiation numérique basée sur la taxonomie des compétences numérique

La plateforme numérique communique avec les utilisateurs à travers l'outil web. Le web est un support dynamique qui intègre différents types de formats de messages. Nous avons déjà décrit le « Web » à la section IV. Nous retiendrons ici qu'il permet une communication multimodale, mais sa capacité à proposer un mode de communication efficace dépendra des expériences du destinataire. Dans notre application et avec les expériences de notre récepteur, nous avons à mobiliser quatre types de fonctions de communication : référentielle, conative, poétique et métalinguistique.

IX.1 La fonction de communication « référentielle »

Dans la communication classique, la fonction de communication référentielle est le référent de l'information dans le message. Elle oriente la communication vers ce dont l'émetteur parle, vers le sujet sur lequel on informe, vers des faits objectifs…Dans notre élaboration de l'application, les informations de références sont le livre *Lala sy Noro* et l'objectif et l'usage de sa version numérique. La connaissance et l'expérience de ce livre appuient la légitimité et la validité du propos de la nouvelle application auprès du destinataire.

IX.2 La fonction de communication « conative »

Par définition, la fonction conative est traduite par la pression de l'émetteur pour que le récepteur participe à la communication (Jackobson, 1963). On reçoit la participation du récepteur par son retour ou le feedback du message envoyé. Dans la pratique de notre application, cette fonction de communication s'exprime à la fois à travers la recherche de leur adhésion à l'apprentissage et l'assurance de l'accès à ces nouvelles connaissances avec le smartphone, et la recherche de leur acceptation du changement qu'introduit la nouvelle méthode pédagogique. On peut parler de deux changements, dont le changement du comportement et le changement sur la méthode de transmission de connaissance.

Le changement du comportement correspond à l'interaction avec l'environnement numérique. C'est le début d'une relation avec le numérique. La gestion de cette relation est l'objectif de notre intervention, car l'efficacité de cette relation a une influence sur la conduite de la formation dans le cadre d'un apprentissage. Il est nécessaire d'étudier minutieusement les outils du discours à mettre en place pour que ce changement soit acquis (ou ne soit pas refusé).

Le changement sur la transmission de connaissance est en rapport avec les modalités de la réalisation des scénarios pédagogiques. Ce changement dépend de la pertinence des contenus pédagogiques proposés. Nous ne travaillons pas sur cette phase de conception c'est pourquoi nous avons pris le modèle du livre « *Lala sy Noro* » comme élément convaincant de notre stratégie de communication. Dans une réalisation similaire, les pédagogues devront prendre en charge la réalisation des scénarios pédagogiques.

IX.3 La fonction de communication « poétique »

La fonction de communication « poétique » est caractérisée par l'accent mis sur le message pour son propre compte. Plus précisément, la fonction de communication poésie est une fonction de communication de « forme »(Jackobson, 1963). Cette fonction n'est pas seulement la fonction de l'art du langage, mais aussi une fonction dominante et déterminante. C'est elle qui met en évidence le côté palpable des signes et les met en scène en jouant sur la dichotomie fondamentale des signes et des objets. La fonction poétique se rapporte donc à la forme du message dans la mesure où elle a une valeur expressive propre. Elle permet d'exprimer les qualités esthétiques (esthétique de l'image, esthétique illustrative de la composition discursive, esthétique du document). Avec le numérique, l'interface est le seul outil pour représenter à la fois les images et pour proposer l'ergonomie pour avoir les différentes esthétiques de l'œuvre qu'est l'application. On peut parler des interfaces tangibles et des interfaces graphiques utilisateurs.

Dans notre application, nous avons conservé la présentation et la forme du livre « *Lala sy Noro* » lors du basculement à une application numérique à travers l'Interface Graphique Utilisateur (ou GUI). Pour les présentations numériques, l'esthétique des qualités de couleurs, la résolution de l'image et les agencements des contenus ont séduit les apprenants et ont facilité la compréhension du message à transmettre. L'interface est donc l'élément le mieux adapté au type d'utilisateur auquel nous avons affaire pour exprimer le message à transmettre. Les images abstraites ou sophistiquées entravent la compréhension du message pour les utilisateurs qui n'ont aucune maîtrise de la langue écrite. C'est à travers le niveau de compétence acquis qu'on peut améliorer la présentation du message par image pour les utilisateurs en voie d'alphabétisation.

IX.4 La fonction de communication « métalinguistique »

C'est la fonction relative à la grammaire de la description technique pour la littérature et syntaxique pour les langages de programmation informatique. Dans ce cas, il faut que

l'émetteur et le récepteur utilisent le même code et se trouvent sur le même niveau de compréhension. Ce qui justifie le « mapping » entre le profil de l'utilisateur et celui de l'application qu'il va utiliser. L'intégration des multiples formats dans le message demande alors une compétence pour la compréhension.

En se référant à ces fonctions de communication mobilisées, nous introduisons ces fonctionnalités dans la conception de l'outil de médiation par niveau de compétence dans les paragraphes suivants. Les tableaux qui synthétisent les caractéristiques de médiations ne sont pas forcément remplis. Par exemple, la rémanence dans la phase référentielle est vide, car aucune activité ne nécessite de mémoriser pour la fonction de communication référentielle au niveau Perception.

IX.5 Médiation de perception

La médiation au niveau Perception correspond à la conception d'une IHM caractérisée par les concepts de la compétence « perception ». C'est l'initiation de la relation de découverte entre l'apprenant et l'application, que nous devons transformer progressivement vers une relation de Perception. L'étude de ces concepts est basée sur les activités à réaliser pour une telle compétence. Nous avons huit activités à réaliser pour l'apprenant afin d'atteindre l'objectif d'une compétence numérique au niveau Perception. Par rapport aux fonctions de communication définies précédemment, nous avons synthétisé les caractéristiques de l'IHM-perception au Tableau IX.*1* basées par ces activités.

Tableau IX.1: Les caractéristiques de l'IHM pour la médiation perception

	Référentielle	**Conative**	**Poétique**	**Métalinguistique**
Emission	Notion sur le livre	Adhésion à l'idée	Imagination sur les concepts	Connaissance de l'information
transmission		Nouvelle présentation acceptée	Conservation de la présentation	
Compréhension		Feedback sur les nouvelles informations		
Réception	Toucher le support de la nouvelle application			
irréversible	Validité des informations sur l'application		Relation de l'ancien statut avec l'alphabétisation	
Permanence	Existence de l'outil	Relation avec l'application		

	Référentielle	Conative	Poétique	Métalinguistique
Rémanence			Codification connue (image origine malgache)	Comparaison de l'application avec d'autres applications de la même famille
Associativité	Association avec la version papier			

A partir de ce tableau, nous identifions les propriétés suivantes :

- La nouvelle présentation ainsi que les nouveaux designs doivent être proches de celle de la présentation traditionnelle.
- Il faut reprendre les anciennes informations vers les informations numériques.

L'objectif de la médiation perception essaie d'éviter le basculement brusque de l'apprenant vers un nouvel environnement d'apprentissage plus moderne. Et c'est ainsi qu'on gère les changements dûs à l'intégration du numérique dans le monde de l'auto-formation.

IX.6 Médiation de familiarisation

Après la perception, c'est la Familiarisation avec l'application. Cette étape est le basculement de la confiance dans l'ancien outil vers une nouvelle application et nous essayons de retenir cette confiance par une relation de Familiarisation de l'apprenant avec l'application. Nous avons cinq activités qui façonnent la médiation au niveau Familiarisation. Dans le cas général, la Familiarisation est marquée par la séance de préformation pour les formations à distance, ou séance de prise en main de l'application. Cette séance n'était pas utile pour les apprenants qui ont déjà fréquenté le cybercafé, ce qui n'est pas le cas des apprenants qui n'utilisent que des téléphones portables.

Dans l'application « αβGasy@mobile » sur smartphone, la comparaison de l'application avec la version papier a remplacé cette phase et qui n'a pas pris beaucoup de temps pour mieux comprendre ce qu'il y a dans l'application. D'autant plus que la découverte des contenus du livre manuel dans l'application numérique a incité la curiosité des apprenants et les rassure qu'il s'agit bien de « Lala sy Noro ».

Les caractéristiques de la médiation au niveau familiarisation sont synthétisées au Tableau IX.*2*.

Tableau IX.2 : Les caractéristiques de la médiation familiarisation

	Référentielle	**Conative**	**Poétique**	**Métalinguistique**
Emission			Langage de communication adapté à l'utilisateur	Association avec le langage maternel
transmission	Stabilité de l'application			
Compréhension			Découverte de l'application	
Réception	Choix de l'application	Motivation sur l'utilisation		
irréversible		Acquisition de l'application		
Permanence				Communication sur les informations
Rémanence			Historique de l'utilisation de la version papier	
Associativité				Authentification dans l'application

Après l'analyse du Tableau IX.*2*, les propriétés qui décrivent les propriétés de la médiation familiarisation sont :

- L'application doit offrir une session page web personnalisée pour chaque apprenant ;
- Le langage de communication doit être un langage déjà familier à l'utilisateur ;
- L'objectif de l'application s'exprime d'une façon rassurante ;

L'objectif de la médiation Familiarisation est d'inciter au démarrage de l'appropriation de l'application. Le fait marquant de cette phase sur le terrain est l'assurance de l'apprenant d'être autonome par rapport à l'utilisation de l'application.

IX.7 Médiation pour les pratiques (IHM avec le caractéristique de la compétence pratique)

Dans le niveau de médiation, nous avons programmé cinq activités à réaliser pour respecter les conditions de cette phase. Elle est marquée par la pratique de l'application. Il ne s'agit pas seulement de la pratique de l'apprentissage, mais aussi la pratique à manipuler

l'Interface-utilisateur mobilisée pendant l'apprentissage. Il faut connaître les autres options du mode d'utilisation de l'application dans les autres menus le cas échéant.

Tableau IX.3 : Les caractéristiques de la médiation pratique

	Référentielle	**Conative**	**Poétique**	**Métalinguistique**
Emission				
transmission	Relation avec l'application			
Compréhension		Exercices	Historique de présence	
Réception				
irréversible				Besoin d'amélioration sur la connaissance acquise
Permanence		Evaluation		Accessibilité de l'application à tout moment
Rémanence			Expériences acquises avec l'application	
Associativité				Construction d'un projet

L'analyse du Tableau *IX.3* nous permet d'identifier les propriétés suivantes :

- Le feedback en temps réel de la réalisation est nécessaire ;
- Une extension progressive et en référence avec la compétence pratique du menu d'application est nécessaire ;
- Il faut rendre progressivement autonome l'apprenant ;
- L'outil d'évaluation doit assurer la compétence acquise de l'apprenant.

L'objectif de la médiation au niveau pratique est l'imprégnation de l'apprenant dans son monde de l'environnement numérique. Après la pratique, l'apprenant doit être capable de naviguer dans l'ensemble de l'application. Ainsi, il sera incité à continuer l'aventure avec l'application vers un niveau supérieur.

IX.8 Médiation pour la collaboration

La médiation au niveau collaboration considère que toutes les compétences nécessaires pour lire et écrire sont acquises. Notamment, c'est un niveau d'application des compétences acquises. L'apprenant peut alors lire et écrire correctement. Pour une telle

méthode pédagogique, le champ d'application est l'évaluation par projet. À l'ère du numérique, le champ d'application le plus pratique pour ce niveau est le partage d'idées dans un espace de collaboration comme le Réseau social Facebook. La pratique dans la langue maternelle sera assurée et le suivi de l'application fréquent. Nous avons huit activités à réaliser pour atteindre cette médiation en collaboration.

Tableau IX.4 Les caractéristiques de la médiation collaboration

	Référentielle	**Conative**	**Poétique**	**Métalinguistique**
Emission	Appuie aux novices			
transmission				
Compréhension				
Réception				
irréversible	Statut alphabétisé	Les nouvelles connaissances acquises	Maîtrise de l'application	Compétence acquise
Permanence				Historique de l'apprentissage
Rémanence	Travail collectif			
Associativité	Partage de la connaissance	Exercice par projet	Émergence dans l'application	Construction d'un projet

Les propriétés de la médiation au niveau collaboration se résument par les points suivants :

- La possibilité d'une évaluation par projet ;
- les outils d'appui sur l'utilisation pour les novices ;
- Une extension de l'application vers l'interactivité avec d'autres applications ;

La version de l'application «αβGasy@mobile » n'intègre pas cette option, mais elle est en cours de développement.

.

Chapitre X.Phase d'abstraction des Compétences – Approches et modèles

Dans cette phase d'abstraction, nous essayons de concevoir une IHM centrée utilisateur en voie d'alphabétisation. Dans ce cas, l'objectif principal est d'éviter l'abandon de l'auto-apprentissage pendant l'utilisation à titre d'un apprentissage. Les études théoriques sur le cadre de communication sont mentionnées aux sections VII et VIII- La médiation numérique basée sur la taxinomie des compétences numériques. Ces sections étudient et proposent les exigences d'un tel utilisateur.

Au début, l'IHM initiale correspond aux IHM du livre « *Lala sy Noro* » que nous devons transformer progressivement vers un environnement numérique évolutif. Nous proposons alors un composant de guide pour l'apprenant afin de réduire la coupure ou l'interruption de l'apprentissage tant que l'objectif n'est pas encore atteint. La personnalisation d'un outil numérique est parfois conçue à partir de la méthode « intelligence artificielle » d'où notre choix d'une méthodologie basée sur la résolution par « réseaux bayésiens »[46]. Au-delà de la méthode, notre intervention interpelle les données basées sur les traces d'interactions.

Pour une IHM adaptée à l'utilisateur ou « IHM personnalisée », l'étude du comportement de l'utilisateur pendant sa manipulation jusqu'à l'obtention de l'objectif est une méthode puissante pour assister l'utilisateur. Dans une plateforme numérique, les études du comportement s'appuient sur les traces des interactions qui sont stockées dans un module intégré à la plateforme. La méthode intelligence artificielle supporte les études de personnalisation de l'outil numérique, ce qui nous incite à réaliser l'étude par l'un des outils qu'elle propose, le réseau bayésien. Avant d'aller au cœur du paragraphe, nous présentons les caractéristiques de base de notre outil.

Optimiser la relation homme-machine centré sur la médiation de l'activité par l'usage des artefacts est l'objectif de notre intervention. Cette relation se construit à partir de l'interaction entre l'homme et la machine ce qui nous conduit à concevoir une IHM adaptée au contexte intellectuel de l'utilisateur. Ce type d'IHM aura la capacité de transformer les

[46] Un réseau bayésien (de Thomas Bayes) est un modèle graphique conçu pour représenter à la fois des connaissances, calculer des probabilités conditionnelles et servir de base pour la construction de systèmes d'aides à la décision. C'est un modèle probabiliste qui permet de représenter un ensemble de variables aléatoires dont les relations de cause à effet ne sont pas déterministes, mais seulement probabilisées.

rapports du sujet au monde, les fonctions psychologiques en respectant les conditions du développement de Vygostki (Vygostki, 1930).

La phase d'abstraction des activités correspond à la conception d'une interface entre l'homme et la machine ou interface Homme-machine ou IHM. C'est aussi l'interaction homme-machine. La théorie de l'IHM est la modélisation des tâches dont l'ensemble forme l'activité à réaliser par l'utilisateur avec la machine pour répondre à ses besoins personnels.

Une IHM est modélisée par un modèle IHM (User Interface Model ou UI Model) (Figure X.*1*) à différents niveaux d'abstraction : le modèle de tâches, l'IUA (Interface Utilisateur Abstraite), l'IUC (Interface Utilisateur Concrète), l'IUF (Interface Utilisateur Final) (Lepreux, et al., 2007) (Gabillon Y. , 2015)

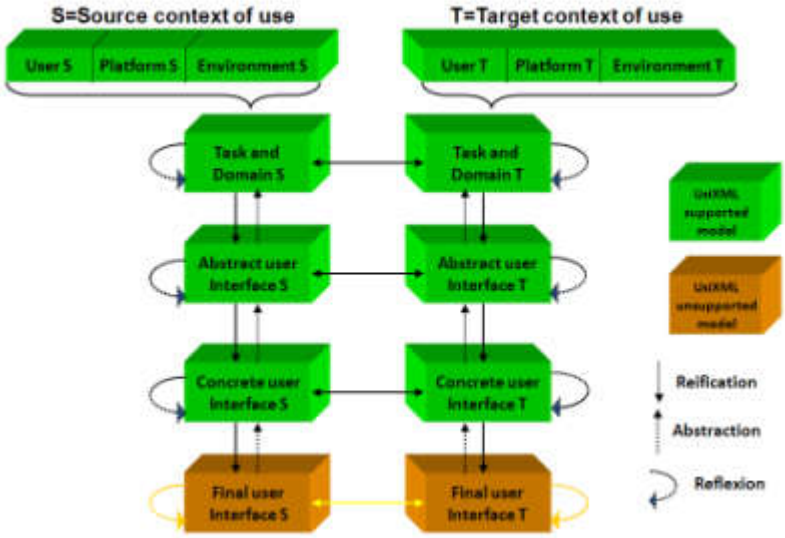


Figure X.1 Niveaux d'abstraction d'une IHM (Lepreux et al. 2007)

Le modèle de tâches de l'activité :

Il est fourni par de l'outil « Whimsical[47] » pour chaque diagramme d'activité étudié à la section «Orchestration de l'appropriation numérique ». Whimsical est un outil qui permet de créer des diagrammes, des organigrammes, des maquettes et des cartes mentales. C'est un espace de travail collaboratif en ligne.

L'**IUA** (Interface Utilisateur Abstraite) définit l'espace de travail de l'IHM ou l'espace de dialogue et fixe la navigation entre ces espaces. L'espace de travail répond à une

[47] *https://whimsical.com*

préoccupation de groupement (spatial dans le cas d'IHM graphiques). Dans notre étude, l'espace de travail est la compétence ou la connaissance de l'utilisateur.

L'**IUC** (Interface Utilisateur Concrète) fait le choix d'interacteurs pour les espaces de travail, le contenu des espaces de travail et la navigation de l'espace de travail. Les contenus sont représentés par des boutons radio, cases à cocher, texte, …selon les concepts du domaine. La navigation entre espaces est matérialisée (espaces ou traits) par des séparateurs ou des objets de navigation (boutons, liens hypertextes, ….). Dans notre étude, l'IUC est représentée ou dessinée avec l'outil « Figma ». Figma[48] est un outil de design à interface collaborative en ligne …..

L'**IUF** (Interface Utilisateur Final) fait le choix des environnements de programmation et d'exécution. L'environnement de programmation pour l'application « AβGasy@mobile » est javascript, typescript et python. Et ils tournent sur la plateforme mobile ou avec le système d'exploitation Android.

X.1 La contextualisation du problème (Espace du problème)

La conception IHM basée sur la compétence de l'utilisateur est une conception IHM Centrée Utilisateur (IHM-CU). Le profil utilisateur est un système dynamique qui demande une IHM adaptée à l'utilisateur. Ces niveaux d'abstractions ont été repris pour raisonner sur l'adaptation des IHM à leur contexte d'usage ou à la plasticité des IHM (Gabillon Y. , 2015).

Cette modélisation doit prendre en compte les propriétés d'adaptabilité, d'utilisabilité et d'utilité pour une IHM Centrée Utilisateur. Par la suite, nous devons prendre en compte la compétence en numérique de l'utilisateur qui forme un système dynamique. Elle est un système dynamique, car la compétence acquise ou demandée évolue en fonction de l'évolution de la technologie.

Pour le « Profile-Mapping », nous avons quatre niveaux d'IHM à concevoir selon la taxonomie de la compétence numérique. Chaque niveau d'IHM a sa propre spécificité. La description du niveau « Perception » se résume à la description de l'application si elle est capable de fournir les besoins à résoudre. Dans ce document, nous prenons la conception de l'IHM-Perception pour la conception de l'Interface Graphique Utilisateur, et l'IHM au niveau « FAMILIARISATION » pour étudier l'IHM fonctionnelle. La pratique commence au niveau

[48] https://www.figma.com

« Familiarisation » et nous nous trouvons dans l'utilisation de l'IHM-Familiarisation au cas où l'utilisateur rencontre des problèmes lors de son intervention.

Tableau X.1 : Représentation des compétences numériques selon les caractéristiques de l'IHM

Représentatives des tâches pour chaque compétence	**Utilisabilité**[49] (système avec la capacité utilisateur)	**Utilité**[50] (système avec besoins utilisateur)	**Adaptabilité**[51] (système avec le contexte, les besoins et les préférences utilisateur)
Perception (représentation + amorce)	Discriminer, identifier, reconnaître, percevoir		
	interprétation	transduction	intégration
Familiarisation (langage + confiance)	Classifier, définir dans ses propres mots, discuter, expliquer, donner des exemples, traduire.		
	présentation	comparaison,	Navigation dans la scène
Pratique (production + construction)	Appliquer, construire.		
	Expérience	Evaluation	Norme
Collaboration (autonomisation + public)	Partager, échanger, collaborer ().		
	Communication	Coordination	Valorisation

Dans notre intervention, nous reprenons le diagramme d'activité UML travaillé par le niveau de la compétence au paragraphe « Orchestration de la compétence » pour établir les éléments nécessaires à la conception de l'IHM. L'approche MACAO (Méthode d'Analyse et de Conception d'Applications Orientée Objet) sera notre appui sur la conception. Dans ce cas, l'outil « Whimsical » permet de tracer la chaîne de base de navigation. Le modèle permet, d'une part, la collecte des informations sur la façon dont les utilisateurs accomplissent une activité, et d'autre part, la description de l'IHM qui définit la vue que l'utilisateur aura du système interactif. A partir de ce précédent, nous établissons une maquette de l'IHM avec l'outil « Figma ».

Le processus de conception IHM centrée sur la compétence de l'utilisateur est un système dynamique. Il a un cycle de vie.

[49] Utilisabilité est caractérisée par l'adéquation du système aux capacités de l'utilisateur (Calvary & al., 2004)
[50] Utilité est relative à l'adéquation du système interactif aux besoins des utilisateurs (la serviabilité) (Calvary & al., 2004)
[51] Adaptabilité est caractérisée par la capacité à réagir selon le contexte et selon les besoins et les préférences des utilisateurs (Gabillon, 2011)

X.2 La conception de l'IHM-PERCEPTION

L'approche MACAO sera notre appui sur l'agencement des icônes à chaque présentation IHM selon ces propriétés que nous avons détaillé à la section VI.2.2.

Dans ce cas, l'outil « Whimsical » permet de tracer la chaîne de base pour la navigation. Le modèle permet, d'une part, la collecte des informations sur la façon dont les utilisateurs accomplissent une activité, et d'autre part, la description de l'IHM qui définit la vue que l'utilisateur aura du système interactif. A partir de ce précédent, nous établissons une maquette de l'IHM avec l'outil « figma ».

Ainsi, la méthodologie ou l'approche que nous avons choisie pour la conception de l'application a cherché à rendre son développement indépendant du code source. Les spécifications fonctionnelles et les spécifications techniques peuvent donc être prises en compte séparément. Il s'agit de l'approche MDA pour Model-Driven Archichecture ou Architecture Dirigée par les Modèles[52] en union avec les concepts de MACAO. C'est une des nombreuses variantes du "modèle objet" de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM). Les modèles qu'elle propose et que nous avons retenus sont Tableau X.*2*:

- Le modèle PSM (Pateform Specific Model), un modèle de code qui décrit l'implémentation de l'application sur une plateforme particulière ; c'est le modèle qui se rapproche le plus du code final de l'application ;
- Le modèle PIM (Plateform Independant Model) qui correspond au niveau d'abstraction Interface Utilisateur Concrète (IUC) ; il intervient dans la phase de conception de l'application : découpage en modules selon le design pattern, l'agencement de ces modules, la structure dynamique, etc. et correspond à l'étape de la représentation algorithmique par l'analyse informatique;
- Le modèle CIM (Computational Independant Model) par lequel on décrit les besoins fonctionnels de l'application (y compris l'interaction avec d'autres applications), ainsi que les services qu'elle offre. Nous avons le diagramme d'activité qui correspond à ce modèle.

La conception de l'IHM-perception est basée sur le diagramme d'activité au niveau de compétence perception. A partir du diagramme d'activité on a établi le diagramme de tâches

[52] Cf. Lamia Gaouar (Laine), "Généralités sur l'approche MDA", *https://laine.developpez.com/tutoriels/alm/mda/generalites-approche-mda/*,.

à travers l'outil « whimsical » Figure X.*2*. L'approche MDA de l'IDM (Tableau X.*2*), et même celle de l'approche par niveau d'abstraction s'adapte à notre objectif. Nous avons obtenu la représentation graphique de l'IHM-P GUI sur Figure X.*3* avec l'outil « figma ».

Tableau X.2 Processus de conception IHM-P

Approche MDA de l'IDM	**Approche par niveau d'abstraction (concepts de MACAO)**	**Modèles informatiques**
CIM	IUA	Le diagramme d'activité
PIM	IUC	Diagramme de tâches
PSM	IUF	La maquette

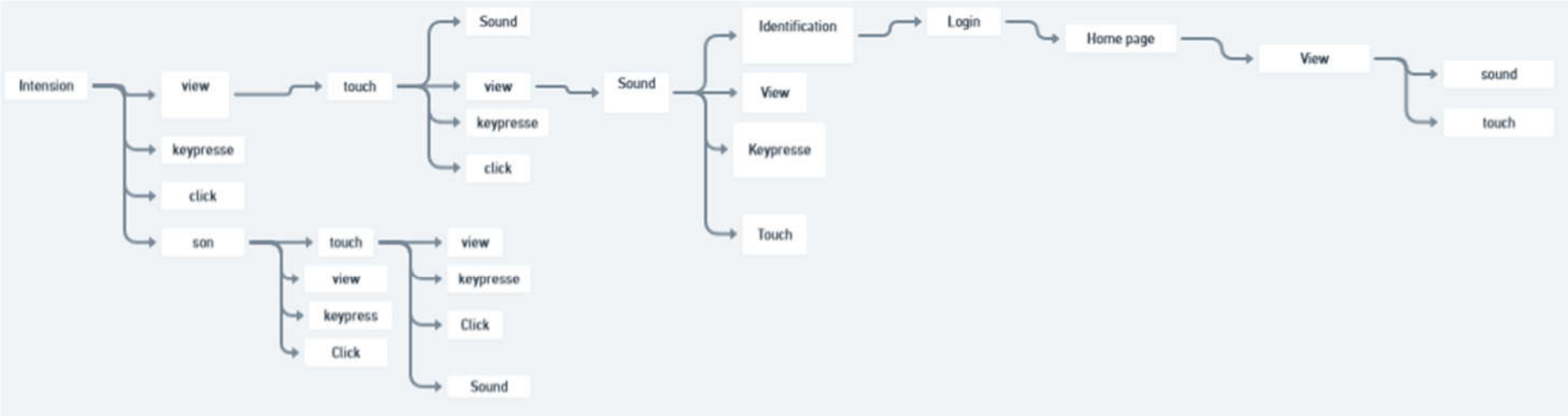


Figure X.2: Scenario des tâches de l'activité perception



Figure X.3: Maquette de l'IHM-Perception

La première page de l'ancien livre est le fond de la première page de navigation, et la charte de la couleur est encore retenue pour rassurer les apprenants qu'il s'agit d'un apprentissage des alphabètes et non pas de simples jeux avec le téléphone portable. Ainsi seul le logo de la nouvelle application est la nouveauté dans la présentation. C'est pour initier le changement dans le mode de l'apprentissage.

Le processus de conception de l'IHM-perception GUI est valable pour tous les IHM par niveau de compétence de notre application pour ce type d'IHM.

Mais chaque IHM active possède la structure d'une IHM personnalisée à partir du profil Figure X.*4*)

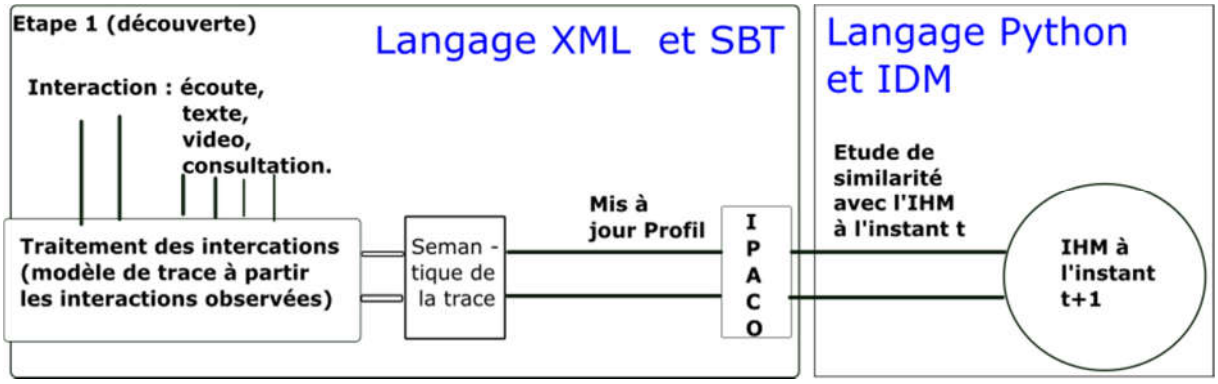


Figure X.4:Cycle de vie IHM basée sur la compétence de l'apprenant

Dans un même niveau de compétence, le passage de l'IHM à l'instant t v l'instant t+1 (Figure X.*4* est géré par les paramètres temporels pendant l'activité.

Le passage automatique entre deux différents niveaux mérite une étude approfondie pour que l'apprentissage soit personnalisé. La conception des règles de transformation prend en compte les résultats d'expérimentation avec les faits observables du monde de l'apprentissage personnalisé. Cette étape fait partie de la perspective au futur des travaux de recherche.

X.3 Modèle de comportement de l'apprenant

Le modèle de comportement de l'apprenant stimule la représentation synthétique des connaissances de l'apprenant. En premier lieu, le modèle obtenu doit être conforme à la réalité ; c'est ce qui détermine son adéquation descriptive. On souhaite qu'au-delà de ce premier niveau d'adéquation, le modèle permettra aussi d'établir certains liens de cause à effet et présente par conséquent une adéquation explicative (Giardina et Laurier, 1999). Cette méthode de modélisation a été mise au point par le « *tuteur intelligent* » depuis 1974 (Self, 1974) cité par (Giardina et Laurier, 1999). Au-delà des concepts du Système Tuteur Intelligent « STI »,

(Giardina et Laurier, 1999), (Danine, 2010), (Nkambou et al, 2020) travaillent dans le domaine STI et utilisent la méthode Réseau Bayésien lors de la modélisation des comportements de l'apprenant. D'autres chercheurs comme (Kasurinen et Nikula, 2009) (Yudelson, 2017), (Ye Mao et al., 2018) qui travaillent sur le domaine de la modélisation de l'apprenant font recours aussi aux techniques du « Réseau Bayésien ». Cette méthode permet de tenir compte des connaissances préalables dont on dispose pour calculer la probabilité de réalisation d'un événement. Ce paramètre par la probabilité représente l'état incertain. Ces procédures peuvent être incorporées au fonctionnement d'un moteur d'inférence (Giardina et Laurier, 1999). Pour la suite du document, nous nous appuyons sur la méthode « Réseau Bayésien » pour l'étude des concepts de la modélisation du comportement de l'apprenant.

X.4 Approche par « RB-D'influence »

Le modèle de comportement d'un apprenant est un système dynamique à nombreuses variables constituées par : le profil de l'apprenant selon le modèle IPACO (étudié à la section IVIII.1X.6.2), le mode de manipulation du menu actif et le groupe de niveau de l'apprenant. Le modèle IPACO est un modèle évolutif basé sur la compétence de l'apprenant. Le comportement pendant l'apprentissage dépend du contexte événementiel, et le groupe d'appartenance de l'apprenant par niveau change à chaque nouvelle connaissance acquise. L'approche bayésienne, plus particulièrement, sur les Réseaux Bayésiens (RB) convient à la modélisation et l'analyse du système complexe, caractérisé, dans un cadre incertain et évolutif d'un tel système.

Les réseaux Bayésiens sont actuellement une des techniques les plus intéressantes de l'intelligence artificielle. Ils allient la lisibilité d'une représentation de la connaissance par un graphe causal intuitif à l'efficacité d'une représentation « distribuée » des données. Ces données tiennent compte de l'incertitude dans le raisonnement. Ils sont utilisés dans nombre d'applications (Bouzaieni, 2014). Les données traitées dans nos réseaux Bayésien sont à l'issue des interactions traitées dans la plateforme pour l'apprentissage humain. Les détails sur le réseau bayésien sont l'objet des parties ci-dessous.

X.4.1 Le réseau Bayésien

Pour gérer les incertitudes dans les systèmes experts, la communauté de l'intelligence artificielle se réfère couramment aux réseaux bayésiens (RB) (Koller et Pfeffer, 1998), (Pearl J. , 1991), (Hamza et al., 2014). Ces derniers sont largement utilisés dans des applications telles que le diagnostic médical, la gestion du risque et les systèmes d'aide à la décision. Nous nous intéressons à cette dernière fonction afin d'orienter l'apprenant vers la continuité de l'activité pédagogique à réaliser. Techniquement, les réseaux bayésiens sont des outils mathématiques

reposant sur **la théorie des probabilités** et **la théorie de graphes acycliques et orientés**. La structure de ce type de réseau est **un graphe** dans lequel **les nœuds** représentent **des variables aléatoires**, et **les arcs** reliant ces dernières sont rattachés à des probabilités conditionnelles.

Les variables peuvent prendre leurs modalités dans un ensemble discret ou dans un ensemble continu. Les variables discrètes correspondent aux nœuds discrets et celles des variables continues correspondent aux nœuds continus. Les RB peuvent se prévaloir de différentes vertus en termes de modélisation : facilité de représentation des relations entre variables ; possibilité d'apprentissage des paramètres par l'analyse statistique et connaissance experte ; possibilité de propagation (inférence) d'une observation ou évidence locale pour remettre à jour les connaissances sur l'ensemble ou partie des variables du réseau. L'ensemble de ces caractéristiques ont conduit à leur utilisation dans différents domaines comme l'industrie, la biologie, le génie civil, la finance, l'économie, la médecine, la robotique, … (Weber et Jouffe, 2006), (Weidl et al., 2005), (Khakzad, 2015), (Dawid et al., 2007) cité par (QUAN, 2018) et le développement de plateformes logicielles basées sur cette technique. Le principe mathématique sous-jacent des RB est le théorème de Bayes.

Théorie de Bayes (QUAN, 2018)

Le théorème de Bayes du nom du mathématicien et pasteur Britannique, permet de mettre à jour des estimations de probabilités à partir d'observation. On appelle cela l'inférence statistique.

Le principe est le suivant : étant donnés deux événements A et B, le théorème de Bayes permet de déterminer la probabilité de A sachant que B a eu lieu, notée $P(A \mid B)$. Si $P(A)$ et $P(B)$ avec $P(B) \neq 0$ sont les probabilités respectives *a priori* des événements A et B alors $P(A \mid B)$ est donnée par l'équation (1) :

$$P(A \mid B) = \frac{P(B \mid A)P(A)}{P(B)} \qquad \text{Équation (1)}$$

On dit que P(A) est une probabilité a priori si elle est donnée sans information sur les autres variables ; P(À|B) la distribution de probabilité conditionnelle de A sachant B, c'est-à-dire l'ensemble des probabilités P(A=x1|B=y1). Il s'agit d'une probabilité a posteriori, car elle prend en compte l'information B=y1.

Le théorème de Bayes s'appuie sur le théorème des probabilités conditionnelles et sur celui des probabilités totales. Il permet de corriger les probabilités *a priori* avec de nouvelles informations. Ces caractéristiques lui confèrent des vertus d'utilisation comme outil d'aide à la décision. Pour illustrer ce propos, considérons le problème de décision suivant :

Il s'agit de déterminer si l'apprenant a la compétence de lire la lettre « a » (événement F) en sachant sa compétence initiale sur la lecture (événement T). Avant de savoir sa compétence, et par expérience des apprenants parmi lesquelles se trouve l'apprenant, on dispose des données suivantes :

- $P(F)$: probabilité *a priori* d'apprendre à lire la lettre « a » pour un individu lambda tiré au hasard
- $P(T)$: probabilité *a priori* de la compétence sur la lecture
- $P(T \mid F)$: probabilité de la compétence lecture lorsque l'apprenant va apprendre à lire la lettre « a ».

Si la compétence à lire la lettre « a » est connue, on peut calculer la probabilité $P(F \mid T)$ sur la compétence de lecture en utilisant la formule de Bayes :

$$P(F \mid T) = \frac{P(T \mid F)P(F)}{P(T)} \qquad \text{avec} \quad P(T) \neq 0$$

L'institutrice peut se servir de la valeur de cette probabilité pour établir l'évaluation ou prendre une décision.

X.4.2 Définition formelle de RB (QUAN, 2018)

Formellement un Réseau Bayésien (RB) est donné par un graphe orienté acyclique $G = (\nu, \varepsilon)$ où $\nu = (N_i)_{1 \leq i \leq n}$ est l'ensemble des nœuds modélisant les variables aléatoires et ε est l'ensemble des arcs représentant les relations causales entre nœuds. Un nœud N_i est caractérisé par $N_i = \{\Omega, \theta\}$ où Ω représente l'ensemble des modalités associées à un nœud discret et l'ensemble des valeurs possibles pour un nœud continu. θ Correspond aux paramètres associés à N_i (table de probabilité conditionnelle (CPT) pour un nœud discret ou fonction densité de probabilité conditionnelle pour un nœud continu).

Ainsi un RB est un complément défini par la description qualitative des indépendances conditionnelles entre les variables et la caractérisation quantitative des dépendances en termes de probabilités conditionnelles. La probabilité conjointe $P(N_1, N_2, ..., N_n)$ d'avoir les n événements ou variables s'obtient par la relation de l'équation (2) représentant le théorème de Bayes sur le réseau.

$$P(N_1, N_2, ..., N_n) = P(N_1)P(N_2 \mid N_1)P(N_3 \mid N_2, N_1)...P(N_n \mid N_{n-1}...N_1) \qquad \text{Équation (2)}$$

Exemple illustratif

Un apprenant sait manipuler les claviers d'un smartphone et envoyer un sms. Alors qu'il est incapable de lire et d'écrire correctement. Le récepteur du sms en déduit qu'il y a beaucoup d'erreurs sur les textos reçus en demandant la correction à l'émetteur.

Tableau X.3 Liste des variables et leurs modalités

Nom	**Modalités**
Compétence à lire	Débutante, Moyenne, Avancée
Compétence à écrire	Débutante, Moyenne, Avancée
Erreur de frappe	Vrai, Faut
Dysfonctionnement des claviers	Vrai, Faut

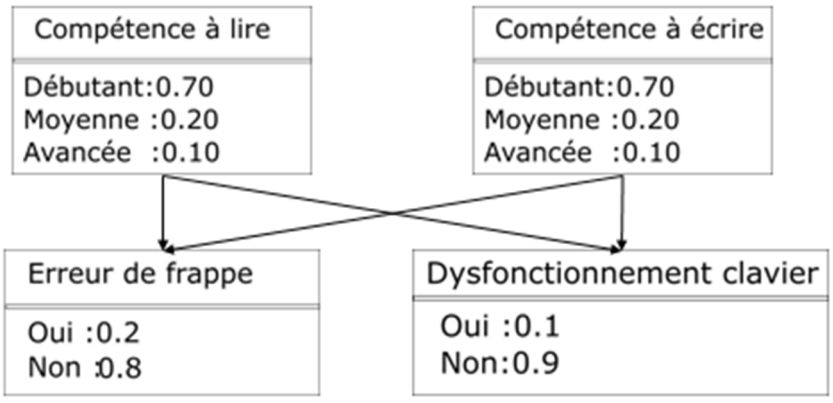


Figure X.5: Exemple réseau Bayésien

Probabilité compétence à lire	
Débutant	70%
Moyen	20%
Avancé	10%

Tableau X.4 Paramètre de la variable Compétence à lire

	Probabilité dysfonctionnement frappe clavier		
Parent Compétence à lire	Débutant	Moyen	Avancé
Débutant	85%	15%	0%
Moyen	25%	65%	10%
Avancé	70%	20%	10%

Tableau X.5 Paramètres de la variable Dysfonctionnement frappe clavier

En termes de relations entre ces variables, et toujours d'après les experts, les variables (Figure X.*5*) compétence à lire et compétence à écrire sont influencées par aucune autre variable ; les variables erreur de frappe et dysfonctionnement clavier sont influencées chacune par les variables compétence à lire et compétence à écrire.

Pour finir la modélisation, il faut définir les paramètres. Cela concerne tout d'abord les nœuds n'ayant pas de parents pour lesquels on définit des probabilités *a priori* associées à chaque modalité. Les nœuds concernés ici sont les nœuds compétence à lire et compétence à écrire. Il faut ensuite définir les tables de probabilités conditionnelles associées aux nœuds enfants. Les variables concernées sont "erreur de frappe" et "dysfonctionnement clavier".

Un réseau bayésien est une approche de représentation des connaissances et de raisonnement par un modèle graphique probabiliste. La présentation par un réseau bayésien d'un système de grande taille se traduit généralement par l'augmentation du nombre de nœuds occasionnant des calculs parfois lourds pour l'inférence et la propagation des informations.

La construction d'un réseau bayésien s'effectue en trois étapes essentielles (Figure X.*6*). Chacune des trois étapes peut impliquer un recueil d'expertise, au moyen de questionnaires écrits, d'entretiens individuels ou encore de séances brainstorming.

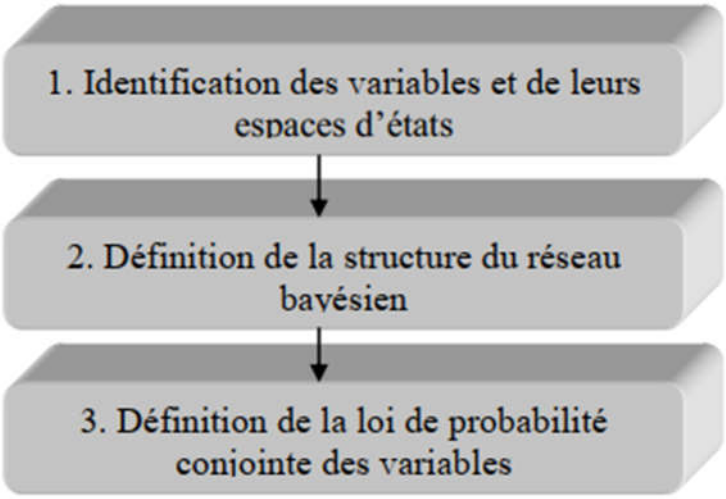


Figure X.6: Étape de construction RB *(Djebbar-Zaidi, 2013)*

Les variables caractérisent le système. Un compromis entre la précision de la représentation et la maniabilité du modèle doit être trouvé, au moyen d'une discussion entre les experts et le modélisateur. L'espace d'états de chaque variable est l'ensemble de ses valeurs possibles. Dans notre cas, toutes les variables sont discrètes sauf la durée d'intervention. Les autres variables ont les trois modalités suivantes : débutant, intermédiaire et avancé.

La structure du réseau bayésien consiste à identifier les liens entre variables, c'est-à-dire, définir les nœuds et les arcs. En général, la structure est déterminée par l'apprentissage. Il y a trois approches pour apprendre la structure d'un RB à partir des données : l'approche à base de contrainte, l'approche à base de score et l'approche hybride. (Diallo et al., 2015). La revue de littérature nous a montré que la construction du réseau pour les applications réelles reste encore un défi. En effet, les algorithmes de construction existants se heurtent à l'explosion du nombre de variables. Dans notre cas, nous avons demandé l'expertise des spécialistes pour prédéfinir la structure du RB.

X.4.3 Extension du Réseau Bayésian

Il existe plusieurs extensions des réseaux bayésiens. Ces extensions couvrent (de façon non exhaustive) (Mirad, 2015) :

- L'ajout de l'aspect temporel (réseaux bayésiens dynamiques),
- L'ajout de nœuds de décision et des nœuds d'utilité (diagrammes d'influence),
- La combinaison avec la notion d'objet (réseaux bayésiens orientés objets),
- La combinaison avec la théorie des ensembles flous (réseaux bayésiens flous),

- La division du réseau en plusieurs sous-réseaux qui seront gérés plus facilement et localement (réseaux bayésiens distribués)
- Les réseaux bayésiens multidimensionnels

D'autres modèles ont été proposés récemment, comme les réseaux bayésiens relationnels ou les MEBN qui ne sont pas présentés ici. Nous présentons le modèle du diagramme d'influence dans le paragraphe suivant.

X.4.4 Le diagramme d'influence (Mirad, 2015)

Les réseaux bayésiens constituent des outils efficaces pour la prise de décision dans le sens où ils permettent d'évaluer différentes probabilités en fonction de l'état connu du système. Cependant, ils ne permettent pas de modéliser directement un système sur lequel l'opérateur peut agir en particulier dans le cas d'une séquence de décisions. Il est possible d'étendre leur formalisation en introduisant de nouveaux types de nœuds : les nœuds d'utilité et les nœuds de décision. Ils permettent d'associer une valeur d'utilité à chaque décision afin de choisir la meilleure d'entre elles. L'utilité représente la qualité ou encore le coût lié à ces décisions.

Les diagrammes d'influence « DI », sont des modèles graphiques dirigés qui permettent la prise de décisions séquentielles en situation d'incertitude (Dyhre et Finn, Uffe et Madsen, Terre11) cité par (Mirad, 2015).

Les diagrammes d'influence incluent trois types de nœuds : les nœuds de hasard correspondent aux variables du problème et sont munis d'une distribution de probabilités conditionnellement à l'ensemble des variables parents. Les nœuds de décisions, représentés par des rectangles, correspondent aux variables de décisions. Ils ne sont associés à aucune distribution de probabilités. Une flèche vers un nœud de décision signifie que la variable qui précède a été observée avant la décision. Le (ou les) nœud d'utilité modélise les préférences du décideur. Il est muni d'une fonction d'utilité en fonction des variables parents (Mirad, 2015).

Notre choix pour l'utilisation des DI est motivé par le besoin d'utiliser un cadre théorique pour la formalisation du problème décisionnel lié à la compétence de l'apprenant pendant l'utilisation d'une application compte tenu de son utilité liée à l'influence de la durée de la réalisation de l'activité. Notamment, la caractérisation de guide personnalisé à la compétence comme un problème décisionnel, ce qui justifie notre recours à la modélisation basée sur les diagrammes d'influence (Zemiril, 2008).

X.5 La construction du système comportement de l'apprenant

La modélisation des comportements apprenant et l'appropriation de l'application numérique nécessite une bonne gestion des incertitudes, car elle est fondée sur un recueil de données par principe incertaines (difficulté d'identifier la sémantique exacte des traces numériques) et incomplètes (difficulté de posséder l'ensemble des données au bon moment). Ce modèle est destiné (i) à formaliser les interactions d'usage et (ii) évaluer les compétences acquises par l'apprenant.

Les trois points clefs de la mise en place d'un réseau bayésien sont l'apprentissage de la structure, l'apprentissage des probabilités et enfin l'inférence. L'apprentissage de la structure consiste à définir les nœuds et les arcs, c'est-à-dire les variables et les liens parents-enfants. L'apprentissage des probabilités permet de quantifier les relations entre les variables définies par la structure apprise précédemment. L'objectif de l'apprentissage est de caractériser le mieux possible les relations de causalité entre variables, compte tenu des données et/ou l'expertise dont on dispose. Enfin, l'inférence consiste à propager l'information dans le réseau bayésien. L'inférence permet de calculer les probabilités marginales des variables, c'est-à-dire les probabilités *a priori*. Elle permet aussi, à partir d'une connaissance partielle ou totale de certains éléments du graphe, d'affiner la connaissance d'autres éléments de ce graphe, en propageant de proche en proche l'information disponible (Petiet, 2019).

Beaucoup de travaux ont porté sur l'apprentissage automatique de structure. La thèse de François passe en revue la plupart des méthodes existantes en 2008 tout en les comparant empiriquement sur divers exemples classiques à l'aide de bases de données complètes ou incomplètes (Galton, 2006) cité par (Petiet, 2019). De nouvelles méthodes d'apprentissage de structure sont présentées dans (Scanagatta, et al., 2015) et dans (O'Gorman, et al., 2015). L'apprentissage de la structure ne fait cependant pas l'objet de cette thèse. Dans notre cas, tout se fera de manière dite experte : nous définirons nous-mêmes la structure du réseau modélisant le comportement de l'apprenant avec ses compétences. Dans ce cas, nous serons par contre plus concernées par l'apprentissage des probabilités détaillées ci-après.

Système étudié :

La modélisation concerne le comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage dans l'application « αβGasy@mobile ». La formation comprend le module d'écriture, de lecture et le module de calcul, tout en considérant la compétence acquise pour le numérique. Le module lecture passe avant le module écriture et ces deux modules sont inséparables pour avoir une compétence complète. **Le SBT** comprend et stocke les informations complètes de chaque

apprenant. Ce système intègre les **compétences** de l'apprenant qui change à chaque fin d'une réalisation des activités pédagogiques (Figure X.*7*). Avec l'étude, nous essayons d'assimiler en même temps **l'addiction de l'apprenant à l'application**. L'addiction de l'apprenant à l'application s'explique à la continuité de l'apprentissage avec un temps de rupture ou d'absence bien géré par l'apprenant. Pour exemple, pour apprendre à lire et à écrire le mot « rahampitso » (Figure X.*7*), il faut 54 minutes ou 5 minutes par mots (on a 9 mots) pour l'apprenant hyper actif et 90 minutes pour l'apprenant passif.

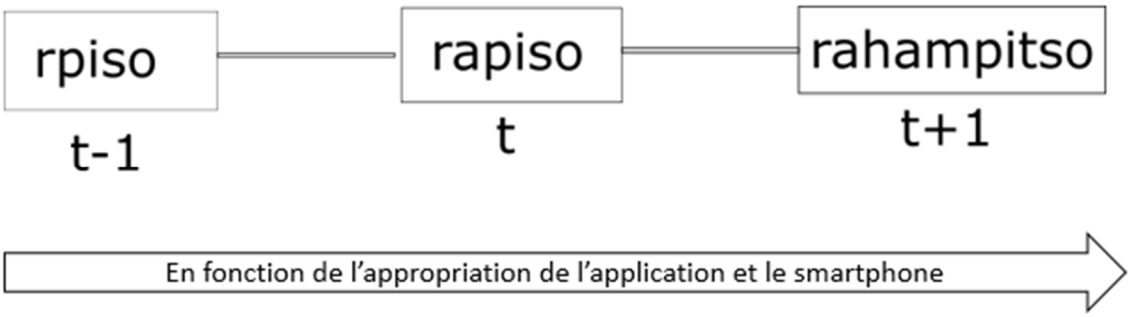


Figure X.7: Cycle et facteur d'apprentissage avec le smartphone

Certaines valeurs de l'IPACO changent après intervention dans l'application. Ces interventions sont étudiées et gérées à partir de la gestion des interactions dans l'application dans le SBT. A partir du RB, l'application fournit une aide ou soutien à l'apprenant pour maintenir sa motivation tant que l'objectif n'est pas atteint.

X.5.1 Les concepts de base pour le système de comportement

Nous utilisons le diagramme de Classes UML *Figure X.8* pour identifier les concepts de base élémentaires du système de comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage. Le diagramme de classe UML exprime la structure statique du système en termes de classes et de relations entre ces classes (Muller, 1997) indépendantes d'un langage de programmation particulier.

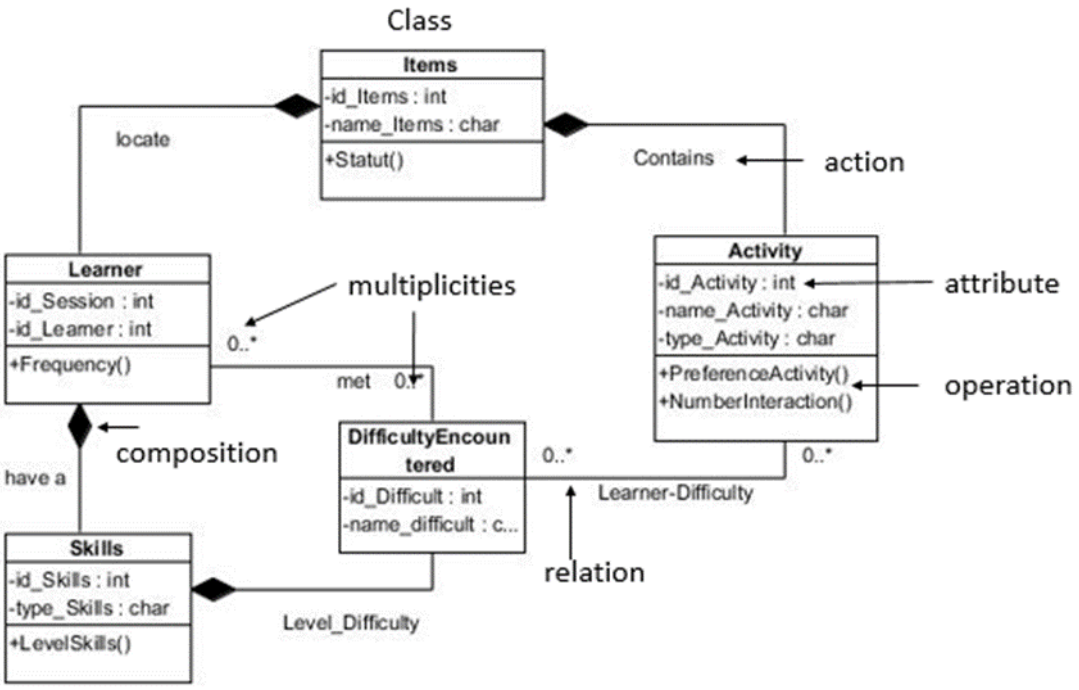


Figure X.8 Diagramme de classes UML du comportement apprenant

En se référant à ce modèle, les entités de la classe formeront les informations de base dans le modèle mathématique du comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage. Chaque entité de la classe est représentée par les attributs et les opérations. Les attributs caractérisent l'objet instancié par la classe. Les opérations sont des éléments de comportement de l'objet.

X.5.2 La construction du Réseau Bayésien

La construction d'un réseau bayésien peut se faire selon les trois méthodes suivantes (Mirad, 2015) :

- Manuelle : avec l'aide d'experts humains. Les spécialistes en ingénierie de la connaissance interrogent les experts et ajoutent les nœuds, les liens et les probabilités conditionnelles au réseau bayésien sur la base de la connaissance recueillie. Dans ce type de construction, il est plus fréquent de définir un graphe causal.
- Automatique : par application d'un algorithme d'apprentissage à une base de données. Les algorithmes d'apprentissage peuvent identifier à la fois la structure du graphe et les paramètres (les distributions de probabilités conditionnelles). Les données peuvent être complètes ou incomplètes. On peut aussi avoir des variables non observables ;

- Hybride : cette approche combine les deux précédentes. Les données peuvent être exploitées pour améliorer un premier modèle élaboré à partir des connaissances disponibles ; elles peuvent permettre d'élaborer ou de modifier la structure du graphe du réseau bayésien ou les probabilités conditionnelles sur les nœuds du graphe.

L'apprentissage de la structure ne fait cependant pas l'objet de cette thèse. Dans notre cas, tout se fera de manière dite experte : nous définirons nous-mêmes la structure du réseau modélisant le comportement de l'apprenant avec ses compétences. Nous avons choisi la méthode manuelle.

Les variables essentielles de ce système sont rattachées aux différents processus : apprendre à écrire ; apprendre à lire ; apprendre à utiliser l'IHM mise à la disposition de l'apprentissage. Ils sont présentés dans le diagramme d'activité UML (Figure X.*9*). Les analyses sur le modèle de comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage fournissent le processus d'appropriation du numérique ou l'IHM mis à la disposition de l'apprenant. Donc, le RB fourni correspond au modèle du comportement de l'apprenant à chaque menu actif.

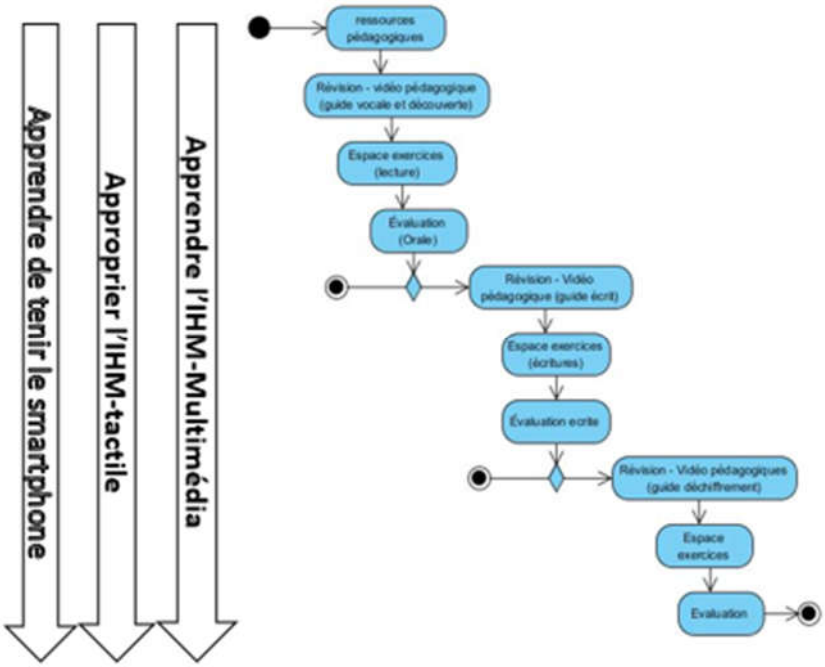


Figure X.9: Le processus du comportement pendant un apprentissage (Diagramme d'activité UML)

L'âge, la catégorie sociale et le genre sont des informations disponibles avant l'apprentissage et restent constants. Alors leur impact est peu significatif dans l'évolution du comportement de l'apprenant, nous ne les avons pas considérés pendant la modélisation.

La qualité Internet à un impact sur la réalisation de l'application. Les feed-back de l'évaluation sont verrouillés dès que la fluidité du réseau Internet est mauvaise. Pendant les apprentissages, nous avons pris les mesures nécessaires pour éviter ce problème. Dans cette étude, cette option reste « fluide » pendant et à chaque apprentissage. La mauvaise connexion génère la frustration de l'apprenant et doit être gérée pour assurer la continuité de l'apprentissage. Cette situation est un champ de recherche intéressant dans le cadre du problème de réseaux internet pendant l'apprentissage humain à distance.

Appropriation de l'application

Ces graphes de modèle d'apprentissage incorporent le modèle d'appropriation du numérique. Cette appropriation est parfois mesurable par le degré de satisfaction de l'apprenant pendant l'usage. Dans notre étude, cette compétence est vérifiée à partir du nombre d'interactions effectuées et la durée d'intervention. Nous confirmons notre résultat par l'analyse des questionnaires auprès des apprenants.

Par observation, on constate que l'apprenant s'approprie l'application si les phénomènes suivants se présentent :

- la durée de l'apprentissage est plus longue au début et diminue progressivement à la fin de l'apprentissage ;
- l'évaluation de l'apprenant suit une courbe continue et croissante ;
- le même apprenant accoste l'apprenant qui utilise l'application ;
- le même apprenant arrive en premier à chaque séance de formation.

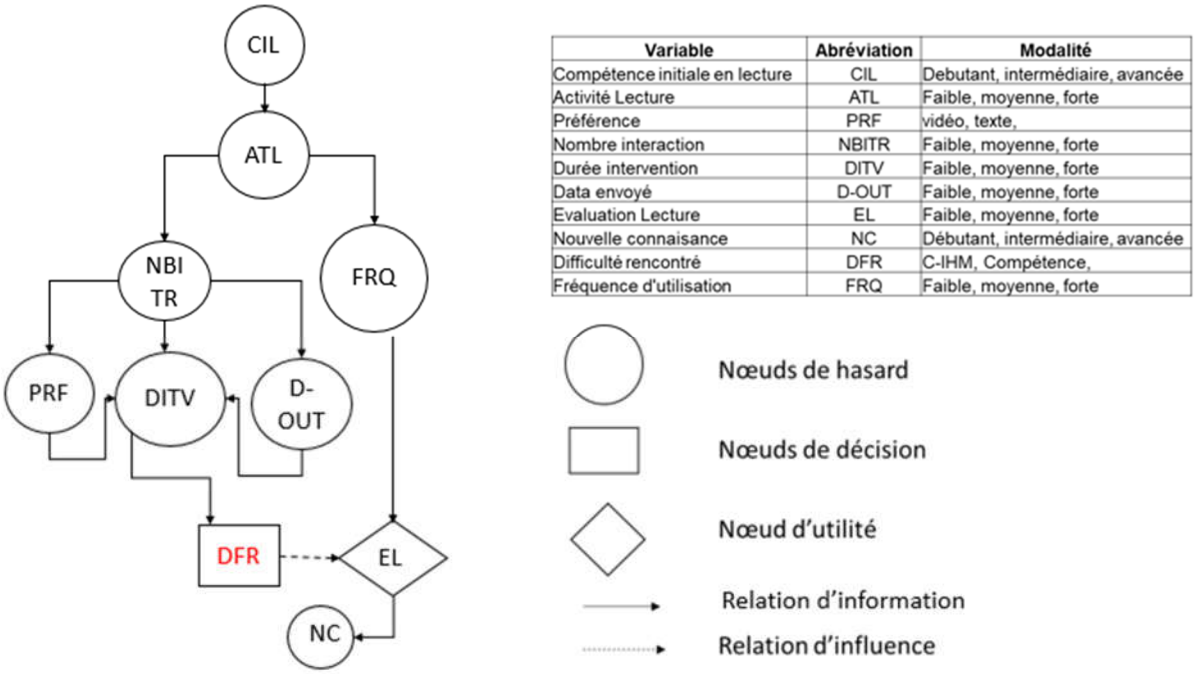
L'apprenant ne quitte pas le lieu d'apprentissage tant que le smartphone n'est pas rangé. Nous en déduisons la *fréquence d'utilisation* comme la variable de base pour la preuve d'une appropriation du numérique. C'est une variable de base, avec ces 4 conditions citées, car la pratique n'est qu'une base pour le moment.

Dans le cas général, il faut se référer aux concepts de la taxonomie de la compétence en numérique. Au niveau perception, l'apprenant accepte l'utilisation. La fréquence de son utilisation est une valeur métrique de ce niveau.

L'analyse des questionnaires sur le degré de satisfaction auprès des utilisateurs peut confirmer cette appropriation au numérique.

Apprendre à lire

Pour apprendre à lire, l'apprenant doit réaliser les activités pédagogiques prédéfinies dans l'application. Les variables du RB sont déterminées à partir des éléments numériques qui peuvent tracer le passage de l'apprenant dès la connexion (log in) à l'application jusqu'à la déconnexion (log out). Ainsi, les informations à manipuler seront en référence avec le système IPACO et le SBT. À chaque menu de réalisation Figure X.*10*, cette réalisation est caractérisée par les nombres des interactions effectuées, la durée d'intervention, la taille des datas validées et le nombre d'annulations cliqué.



Variable	Abréviation	Modalité
Compétence initiale en lecture	CIL	Debutant, intermédiaire, avancée
Activité Lecture	ATL	Faible, moyenne, forte
Préférence	PRF	vidéo, texte,
Nombre interaction	NBITR	Faible, moyenne, forte
Durée intervention	DITV	Faible, moyenne, forte
Data envoyé	D-OUT	Faible, moyenne, forte
Evaluation Lecture	EL	Faible, moyenne, forte
Nouvelle connaisance	NC	Débutant, intermédiaire, avancée
Difficulté rencontré	DFR	C-IHM, Compétence,
Fréquence d'utilisation	FRQ	Faible, moyenne, forte

Figure X.10: Réseau bayésien et variable relatif au processus "apprendre à lire" RB-Lecture

Le graphe à la Figure X.*10* spécifie le modèle de comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage lecture les variables du RB, A propos de ces variables, on fait les hypothèses de modélisation suivantes :

La variable Activité pédagogique en lecture ou « ATL » est influencée par les compétences initiales en lecture. La variable Activité pédagogique en lecture influence la variable nombre d'interactions. L'interaction avec l'application est la métrique de la réalisation des activités pédagogiques.

La variable nombre d'interactions ou « NBRIT » influence la variable préférence, la durée d'intervention et la taille des données envoyées au serveur. C'est à partir de l'interaction tracée que le système distingue les valeurs de ces variables.

La variable difficulté rencontrée ou « DFR » est influencée par la durée de l'intervention. C'est le nœud décisionnel dans notre RB-DI. L'étude apportée sur les valeurs de ces variables détermine les sources de blocages ou de difficultés rencontrées pendant la réalisation de l'activité pédagogique.

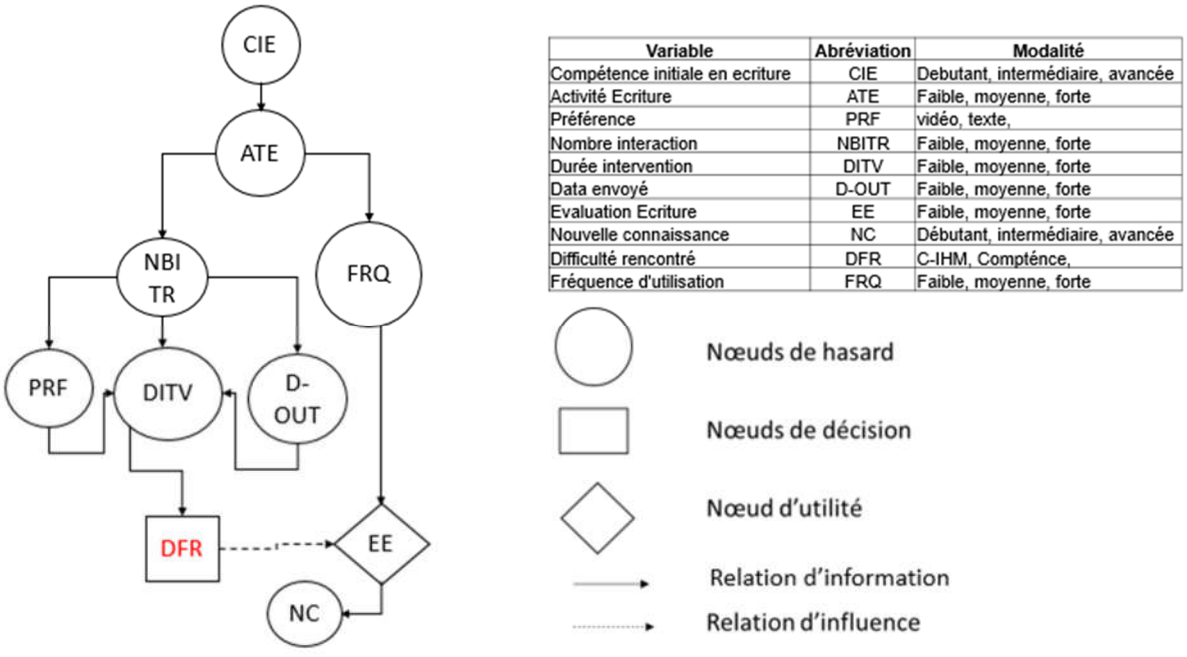
La variable évaluation est influencée par les problèmes rencontrés et la fréquence d'authentification.

Et la variable d'utilité et la nouvelle compétence acquise qui admet une fonction d'utilité afin de déterminer le type de difficulté rencontrée et redirige l'apprenant vers une solution de ce problème.

Ces hypothèses sont déduites à partir du raisonnement basé sur la méthode pédagogique du livre « *Lala sy Noro* ». Elles sont valables pour le RB « apprendre à écrire ».

Apprendre à écrire

Nous reprenons les hypothèses de modélisation « apprendre à lire » pour « apprendre à écrire ». Les méthodes sont les mêmes sauf que les menus actifs les différencient. La Figure X.*11*



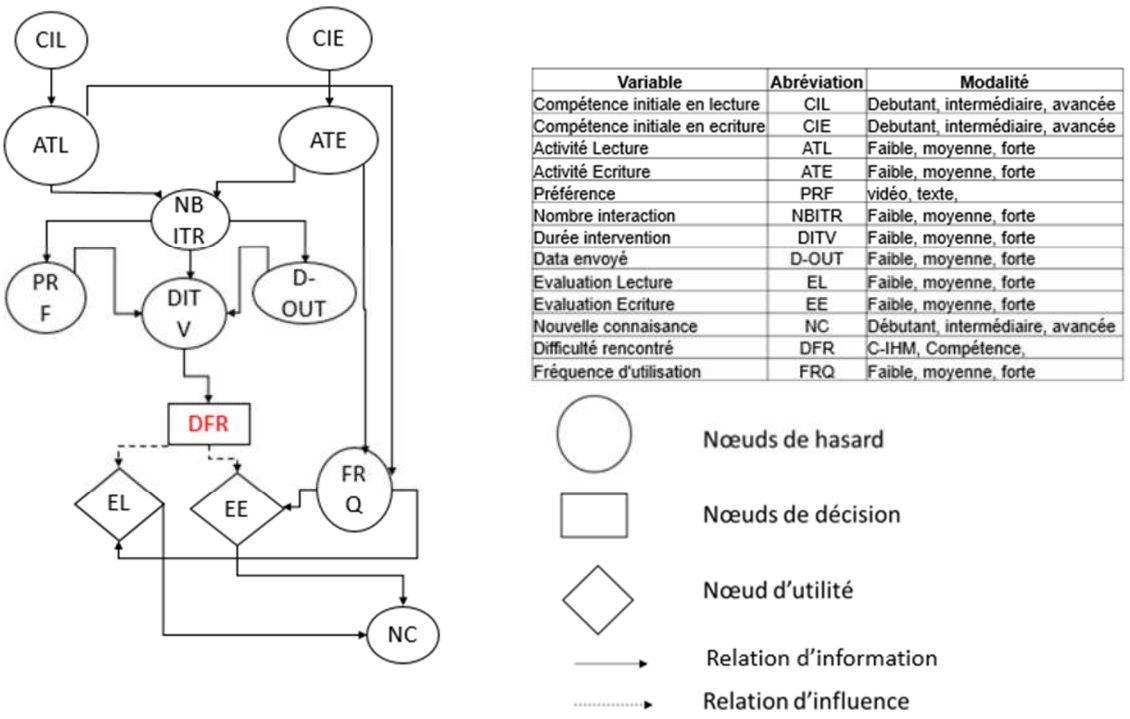
Variable	Abréviation	Modalité
Compétence initiale en ecriture	CIE	Debutant, intermédiaire, avancée
Activité Ecriture	ATE	Faible, moyenne, forte
Préférence	PRF	vidéo, texte,
Nombre interaction	NBITR	Faible, moyenne, forte
Durée intervention	DITV	Faible, moyenne, forte
Data envoyé	D-OUT	Faible, moyenne, forte
Evaluation Ecriture	EE	Faible, moyenne, forte
Nouvelle connaissance	NC	Débutant, intermédiaire, avancée
Difficulté rencontré	DFR	C-IHM, Compténce,
Fréquence d'utilisation	FRQ	Faible, moyenne, forte

Figure X.11: Réseau Bayésien et variable relatif au processus "Apprendre à écrire" : RB-Ecriture

RB-Ecriture spécifie le modèle RB pour apprendre à écrire. Les hypothèses annoncées pour le modèle de comportement « apprendre à lire » sont toujours valables pour le modèle de comportement « apprendre à écrire ».

Construction du Réseau Bayésien Global ou RBG_DI

Le RB global est obtenu en associant le RB-Ecriture et le RB-Lecture. Il compose 13 variables aléatoires, et les hypothèses sur les variables sont toujours valables pour le RBG.



Variable	Abréviation	Modalité
Compétence initiale en lecture	CIL	Debutant, intermédiaire, avancée
Compétence initiale en ecriture	CIE	Debutant, intermédiaire, avancée
Activité Lecture	ATL	Faible, moyenne, forte
Activité Ecriture	ATE	Faible, moyenne, forte
Préférence	PRF	vidéo, texte,
Nombre interaction	NBITR	Faible, moyenne, forte
Durée intervention	DITV	Faible, moyenne, forte
Data envoyé	D-OUT	Faible, moyenne, forte
Evaluation Lecture	EL	Faible, moyenne, forte
Evaluation Ecriture	EE	Faible, moyenne, forte
Nouvelle connaisance	NC	Débutant, intermédiaire, avancée
Difficulté rencontré	DFR	C-IHM, Compétence,
Fréquence d'utilisation	FRQ	Faible, moyenne, forte

Figure X.12: Réseau Bayésien global pour le comportement de l'apprenant

Tableau X.6 Liste des variables

N°	Nom de variable	Modalités	Nombre de parents
1	CIL	Débutant, Intermédiaire, Avancé	0
2	CIE	Débutant, Intermédiaire, Avancé	0
3	ATL	Débutant, Intermédiaire, Avancé	1
4	ATE	Débutant, Intermédiaire, Avancé	1
5	PRF	Vidéo, Texte, Sonore,	1
6	NBITR	Faible, moyenne, forte	2
7	DITV	Niveau cadencé par 5 minutes	3
8	D-OUT	Faible, moyenne, forte	1
9	EL	Faible, moyenne, forte	2
10	EE	Faible, moyenne, forte	2

N°	Nom de variable	Modalités	Nombre de parents
11	DFR	Binaire	1
12	NC	Débutant, Intermédiaire, Avancé	1
13	FRQ	Faible, moyenne, forte	2

X.5.3 Paramétrage des variables

Après avoir listé toutes les variables du réseau, nous distinguons ainsi le type des variables discrètes pour l'ensemble des variables du RBG-DI.

Pour la gestion d'apprentissage, lorsque le *nombre de l'interaction* et *la taille de données envoyé*es au serveur tendent vers un grand nombre ou vers l'infini, le système retourne une alerte de problème rencontré. Ce qui nous conduit à qualifier la valeur de ces deux variables parmi les variables discrètes. Le type de la variable décision est booléen. Les autres variables sont des variables discrètes.

La caractérisation des distributions probabilités des valeurs de la variable avec les modalités débutant ou faible ; intermédiaire ou moyen et avancé ou forte sont :

$P(d) \in]0.01, 0.3]$ avec P(d) est l'intervalle probabilité attribuée à un niveau débutant ou faible ;

$P(d) \in [0.4, 0.7]$ P(d) est l'intervalle probabilité attribué à un niveau intermédiaire ou moyen ;

$P(d) \in [0.8, 1]$ P(d) est l'intervalle probabilité attribué à un niveau avancé ou fort.

Étant donné que l'expert fournit le modèle, la valeur de la table distribution probabilité est donnée à partir de la probabilité indépendante conditionnelle du réseau bayésien. À l'instant t_0 dans l'extrait de la table distribution probabilité du RB-DI sur la Figure X.*13*, on a un apprenant initialisé avec une compétence débutante et faible en écriture et qui se trouve pour la première fois dans la première activité pour apprendre à écrire. Le nombre d'activités est encore faible, presque zéro, mais il est fortement réalisé plus d'activité pour apprendre.

Les calculs de la table de probabilité des variables suivent le théorème Bayésien. C'est après la classification des interactions par type d'interaction que la table probabilité conditionnelle de la variable « préférence » est calculée. La valeur exprimée est par rapport au type d'interaction le plus activée.

La table de la loi de probabilité

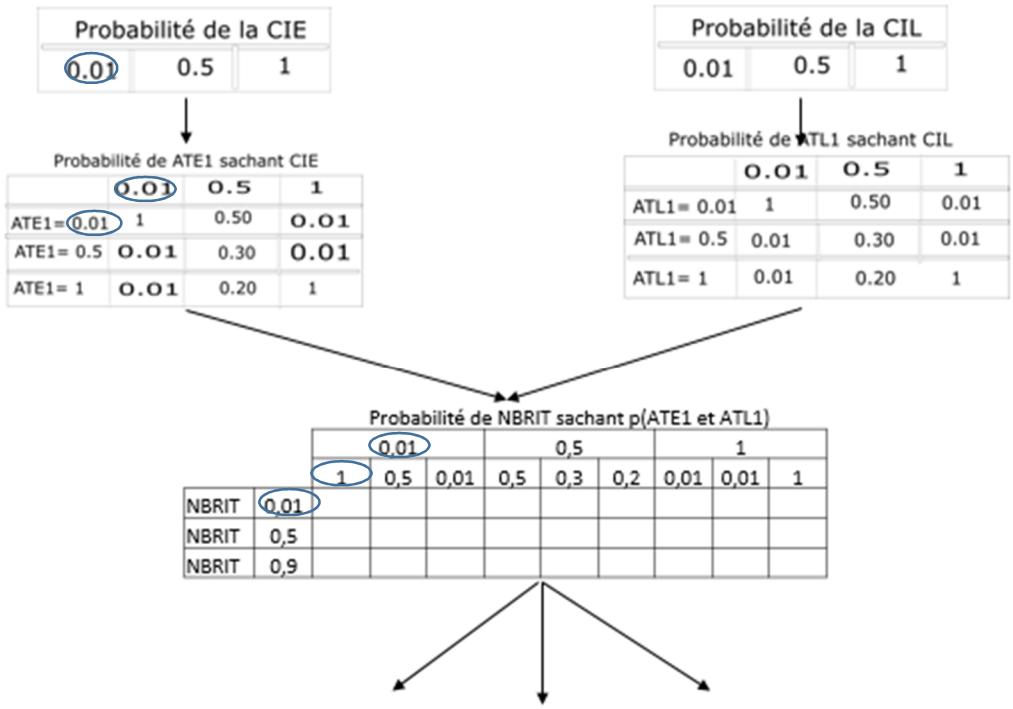


Figure X.13: Extrait de tableau de probabilité des nœuds du RBG

À l'instant t_{t+1} , ces valeurs changent progressivement selon les interactions effectuées et envoyées au système à base de trace.

Technique d'inférence ou d'influence:

Dans le RB, l'inférence est la méthode de propagation des informations pour établir les relations entre les variables. C'est une méthode d'inférence statistique par laquelle on calcule les probabilités de diverses hypothèses à partir de l'observation d'évènements connus. Dans notre étude, nous devons assurer la continuité de l'apprentissage pour atteindre l'objectif de la formation. Dans ce cas, la modélisation du comportement de l'apprenant pendant l'apprentissage est l'origine des informations sur le mode de réalisation de la formation. Ce modèle de comportement dépend à la fois de la compétence de l'apprenant à manipuler l'application et à l'apprentissage lui-même. Chaque apprenant a son propre rythme et la manière d'apprendre ce qui nous mène à choisir celle de l'approche par apprentissage non supervisé pour la modélisation avec le RB.

Après l'authentification de l'apprenant, le système initie le RB et continue à compléter les valeurs de la variable nœud selon Figure *X.12* avec les valeurs à l'instant t-1 stockées dans le SBT.

À l'instant t, la variable « DFR » dans le RB renvoie la valeur « 1 » lorsque l'apprenant rencontre un problème qui risque de générer une rupture de la réalisation de l'apprentissage. Si les conditions suivantes se présentent,

Condition 1 - C1 : La durée d'intervention est supérieure à celle de la durée prévue dans le modèle expert. Alors

$0.5 \leq P(ditv \mid nbitr) \leq 1$ avec $P(ditv \mid nbitr)$ est la probabilité de la durée d'intervention sachant la probabilité au nombre d'interactions effectuées.

Condition 2 - C2 : Chaque taille des données envoyées n'est pas proche de la taille réelle du modèle expert du mot à apprendre ;

Et $c_1, c_2 \in [t_0, t_1]$ avec t_0 est le temps début de l'interaction dans le menu de l'apprentissage et t_1 est le temps actif au décrochage du « DFR ».

Le DFR est maintenant déclenché. Il faut connaître son type pour que le système puisse assister l'apprenant pendant l'apprentissage. C'est l'objet du paragraphe suivant.

Si « DFR » est à 1, l'apprentissage se déroule comme prévu et l'apprenant reste encore intéressé par l'apprentissage et 0 dans le cas contraire ou l'apprenant rencontre un problème

<u>Identification du type de problème rencontré</u> :

Pour identifier les types de problèmes qui peuvent se présenter pendant l'apprentissage, nous adoptons les conditions constantes suivantes :

Pour $t \in]t_0; t_1[$, on a les informations suivantes :

- L'apprenant a une compréhension totale sur le décodage des IHM (signification de la présentation des icônes, des logos, etc.) à manipuler dans le menu actif ;
- La connexion est fluide ;

Les valeurs expérimentales et observées pendant l'apprentissage sont les sources d'identification de ces types de problèmes rencontrés. Avec le mode d'utilisation des IHM, nous pouvons identifier ces problèmes.

***-Apprendre à lire** :*

Les IHM pour apprendre à lire utilisent les IHM permettant le mode de communication audiovisuelle pour la transmission de connaissance et « touchscreen » pour les exercices. Apprendre une syllabe n'est pas la même pour deux syllabes (nt, tr, dr). Pour 20 apprenants, on trouve 3 répétitions de l'écoute (a, o, l, i, ...), et 5 pour deux syllabes. Pendant la transmission de connaissance, nous supposons qu'il y a *un problème lorsque le nombre répétitif* de visualisations est supérieur à 5, et notons par « PRTIF ».

L'exercice ressemble à un jeu individuel. Le jeu numérique favorise la routine et les cycles des jeux sont facilement identifiés par les joueurs de bonne mémoire. Alors, ils se désintéressent des jeux et l'apprentissage se ralentit voire s'arrête. Dans ce cas, la routine est à éviter. Le problème est facile à identifier, car le jeu est noté. Le choix du type de jeu est à la charge des pédagogues tandis que la conception et la réalisation seront assurées par les informaticiens. *Le problème rencontré est de type routine* et notons-le par « PROU ».

***-Apprendre à écrire** :*

Les IHM pour apprendre à écrire utilisent les IHM permettant le mode de communication image-animé ou « Graphic Interchange Format » ou « GIF » pour la transmission de connaissance et « touchscreen » pour les exercices.

Pour la transmission de la connaissance, le GIF est le modèle d'écriture et placé en haut du coin gauche. L'espace écriture est alors libre pour réaliser les exercices de copie. Pour une validation à chaque copie, le problème est identifié par rapport à l'évaluation des données validées. Si l'annulation est fréquemment activée, alors le problème est aussi identifiable facilement. Le *problème est basé sur la façon de la réalisation des copies* ou l'utilisation de l'écran smartphone comme le cahier et la main comme le crayon. . Il faut savoir que chaque apprenant a sa manière d'utiliser sa main sur le moniteur du smartphone.

Mode d'identification du problème en écriture, sachant que la reconnaissance touchscreen est activée :

- Si l'annulation est fréquemment activée, c'est-à-dire, il n'y a pas de données envoyées à la table d'évaluation dans le SBT ;
- S'il y a des données envoyées aux tables d'évaluation, elles ne sont pas proches de la valeur prédéfinie (taille du modèle) et dans un intervalle de temps qui dépasse la normale.

Alors le *type du problème se repose sur la façon d'écrire avec le « touch screen »* et notons-le par « PREC ».

Dans cet apprentissage, on peut rencontrer le problème « PRTIF » si le cas suivant se présente :

- Si le nombre d'interactions effectué est supérieur au nombre d'interactions de l'expert, et le temps de l'expert est dépassé et que l'apprenant n'a validé aucun de ces exercices.

Apprendre à écrire sur touch screen avec la main est une découverte pour les apprenants. D'autant plus chaque trace de copie est unique et leur donne une image d'apprentissage individualisé. Nous avons parcouru les six premières pages de « Lala sy Noro » pendant l'intervalle du temps d'observation. Ainsi, nous n'avons pas pu repérer un phénomène de routine. Cependant, on n'a pas considéré le problème de type routine pendant l'apprentissage à écrire pour cette version.

La difficulté rencontrée est maintenant connue ainsi que le comportement de l'apprenant pendant la réalisation. Le processus au déblocage de cette difficulté est l'objet du paragraphe suivant.

La présence d'une difficulté est l'objectif de notre algorithme avec les valeurs distribuées probabilitées des nœuds parents de la variable « DFR ». Nous avons les conditions suivantes :

« DFR » est une fonction booléenne définie sur :

$$1 \text{ Si } 0.5 \leq P(ditv \mid parent_ditv) \leq 1$$

$$O \text{ Si } 0.01 \leq P(ditv \mid parent_ditv) \leq 0.4$$

La Fonction d'utilité réagit sur les valeurs estimatives des évaluations. Elle représente l'évaluation informationnelle de la compétence acquise de l'apprenant. Elle est définie par la fonction de redirection qui fait appel à l'exécution de l'IHM-CNO (Algorithme *X.2*).

Les influences : Les règles d'influences suivantes sont appliquées pour identifier les difficultés rencontrées pendant l'apprentissage et pour évaluer l'apprentissage de l'apprenant.

Dans un intervalle de temps $t \in]t_0; t_1[$, on a

(1) $(P(CIL) \leq P(NC \mid parent(NC))) \Rightarrow (NC = NC + 1)$

(2) $(0.5 \leq P(ditv \mid (parent_ditv) \leq 1) \Rightarrow (DFR = 1)$

(3) $(0.01 \leq P(ditv \mid parent_ditv) \leq 0.4) \Rightarrow (DFR = 0)$

(4) $(DFR = 0) \Leftrightarrow (0.01 \leq P(parent(DITV)) \leq 0.4)$

(5) $((PRF \simeq Interaction(annulation))$ et

$((DITV \geq DITV_{expert}) et (D-OUT \neq D-OUT_{expert})) \Rightarrow (DFR = PREC))$

(6) $PRF \neq Interaction(annulation)$ et

$((DITV \geq DITV_{expert}) et ((D-OUT \neq D-OUT_{expert}) ou (D-OUT \simeq 0)) \Rightarrow (DFR = PROU))$

(7) ($DITV \geq DITV_{expert}$ et ((5) et (6) ne sont pas vérifiées) $\Rightarrow (DPR = PRTIF)$

Figure X.14 Règle d'influence du RB-DI

X.5.4 Algorithme du diagramme pertinent

Dans l'algorithme du diagramme pertinent, les variables « préférence, durée d'intervention et la taille des données envoyées au serveur » sont des variables de décisions. Pour la « Préférence », elle permet d'identifier et distinguer les interactions effectuées par type d'interaction. On a six types d'interactions dans un menu d'apprentissage qui sont :

- Interaction de validation ;
- Interaction d'annulation ;
- Interaction flick en arrière (consultation);
- Interaction flick en avant (consultation) ;
- Interaction d'action (exercer : écriture, écoute);
- Évènement sur les évaluations (fourni par l'application : encouragement ou à refaire)

Les modes de traitement de ces interactions sont exécutés dans le SBT (étudié à la section **Les traces**). La classification des interactions par type est traitée au niveau de ce système. Autres que les caractéristiques des valeurs de la variable « préférence » définie dans l'IPACO, nous l'utilisons pour identifier les interactions les plus fréquemment actives.

Le RB-DI est lancé avec la validation des authentifications de l'apprenant.

L'apprentissage du Réseau Bayésien

```
//Variable d'entrée : compétence initiale
//Variable de sortie : classification modèle de comportement apprenant avec la nouvelle compétence

//Apprentissage non supervisé

----------

1 Début

2       Fixer l'ensemble d'apprentissages X // ensemble des modèles de comportement
3       Initialiser les poids w_i de manière aléatoire //il est généralisé par la fonction de régression logistique
4       Fixer le pas d'apprentissage ε_i // entre 0 et 1 qui diminue en fonction de l'expérience réalisée epoch
5       Fixer un seuil //
6       Tant que critère d'arrêt //en fonction au nombre du mis à jour
7       Mélange X
8       Pour tous les exemples dans X
9               Calculer la sortie du réseau pour l'exemple
10              Mettre à jour l'erreur
11              Mettre à jour w_i
12      Fin boucle pour
13      Fin boucle tant que

14 Fin
```

Algorithme X.1 Algorithme au modèle du comportement non supervisé

X.6 Le système de recommandation ou algorithme d'orientation

Notre système de recommandation a pour but d'orienter l'apprenant vers un apprentissage sans rupture ou temps inutile. Un système de recommandations est un programme conçu pour simuler le comportement d'un être humain qui est un spécialiste ou un expert dans un domaine très restreint. C'est un outil capable de reproduire les mécanismes cognitifs d'un expert pour ce domaine restreint. Il s'agit de l'une des voies tentant d'aboutir à l'Intelligence Artificielle.

En général, un SR est structuré par un module de base de connaissance, le module de traitement et l'interface aux utilisateurs. Notre SR a pour rôle d'offrir une IHM propre à la capacité de l'apprenant tout au long de l'apprentissage. Il est orienté vers l'éducation (Figure X.*15*).

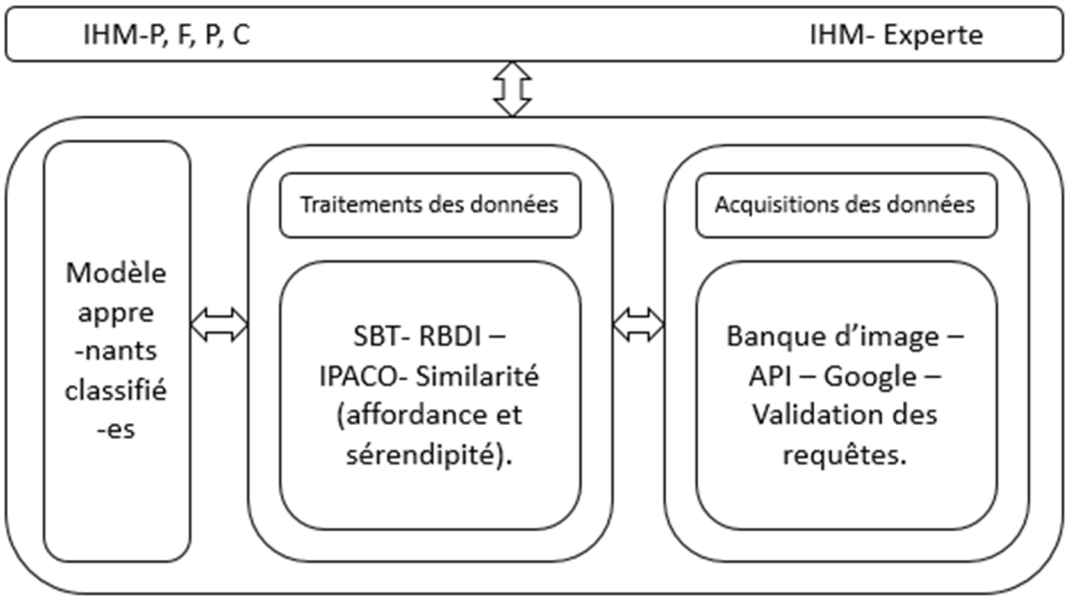


Figure X.15: Structure générale du Système de recommandation pour « αβGasy@mobile »

X.6.1 Le module « traitement des traces » : Le module traitement des données

Le module « traitement des données » assure l'extraction, la transformation et le chargement de ces données transformées dans le data warehouse[53] ou « ETL – Extraction Transformation Load ». Les travaux de recherche sur les traces numériques dans le domaine d'apprentissage numérique ont proposé les systèmes à base de trace sur lesquels nous nous appuyons dans la conception de l'application « alfabetagasy ».

Extraction des données :

Les données à traiter sont de type interaction homme-machine et sont collectées à partir des traces numériques dans un EIAH. Le traitement de données a pour objectif de donner sens à la trace pour que la gestion de profil IPACO de S. Jean-Daubias (2004) soit mise à jour de façon automatique Figure *X.16* . On considère la sémantique d'une trace pour affecter une valeur dans la gestion du profil de l'apprenant. Elle est importante pour notre système.

[53] Base de données relationnelle conçue pour les requêtes et les analyses de données, la prise de décision et les activités de type Business Intelligence davantage que pour le traitement de transactions ou autres usages traditionnels des bases de données (Karoui, Davauchelle, & Dudezert, 2014)

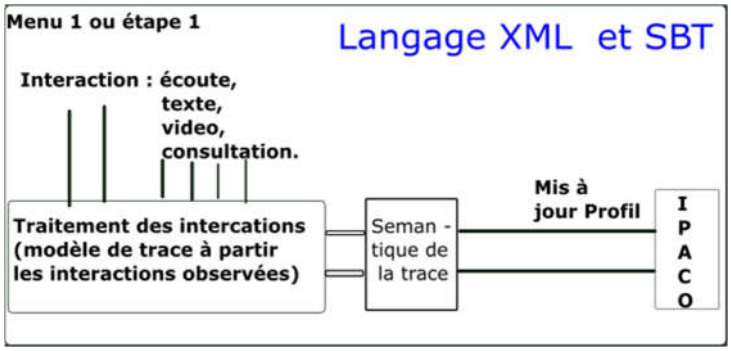


Figure X.16 : Structure du module de traitement de l'interaction

La définition des corpus d'une trace numérique a été évoquée dans la section VII.3. Elle résumait que le concept de la trace est développé par rapport au format adopté, aux contenus considérés et aux exploitations visées. Nous travaillons maintenant sur le traitement de l'interaction pour gérer la gestion de profil de l'apprenant.

Nous nous sommes basées sur la théorie de Système de Gestion de base de Trace ou SGBT de (Besnaci et al., 2013) pour étudier cette partie.

Ils ont constaté différents types de représentation de la trace, mais nous, nous intéressons aux traces à un niveau d'abstraction, sur l'orientation, sur l'assistance et sur l'auto-formation des utilisateurs finaux.

SBT et la sémantique d'une trace

La fouille de la trace ou la sémantique d'une trace donne le sens de la trace. Après la modélisation d'une trace, nous devons donner sens à son utilisation ou déterminer le type d'une trace équivalente et établir la sémantique de la trace. La sémantique d'une trace s'adresse à l'affectation des valeurs du profil IPACO de l'apprenant (par calcul d'indicateurs).

Toute activité tracée est représentée par une liste d'éléments observés, ou obsels. Champin, Mille, et Prié, (2013) ont proposé de considérer les traces numériques d'interaction comme des inscriptions de connaissances destinées non seulement à porter l'information collectée, mais aussi les éléments permettant d'en faciliter l'interprétation humaine et computationnelle. La sémantique d'une trace est définie sous la forme d'un modèle de trace associé à une collection d'éléments observés. C'est à partir de ces modèles de trace que nous voulons établir les modèles de connaissances.

Les types de traces qui sont les types d'interactions (TouchEvent) sont :

- Interaction de validation ;
- Interaction d'annulation ;
- Interaction flick en arrière (consultation);
- Interaction flick en avant (consultation) ;

- Interaction d'action (exercer : écriture, écoute);
- Événement sur les évaluations (fourni par l'application : encouragement ou à refaire).

Les données sont ensuite chargées dans la base IPACO pour fournir les informations concernant les apprenants.

X.6.2 Le profil d'un apprenant de Stéphanie Jean-Daubias

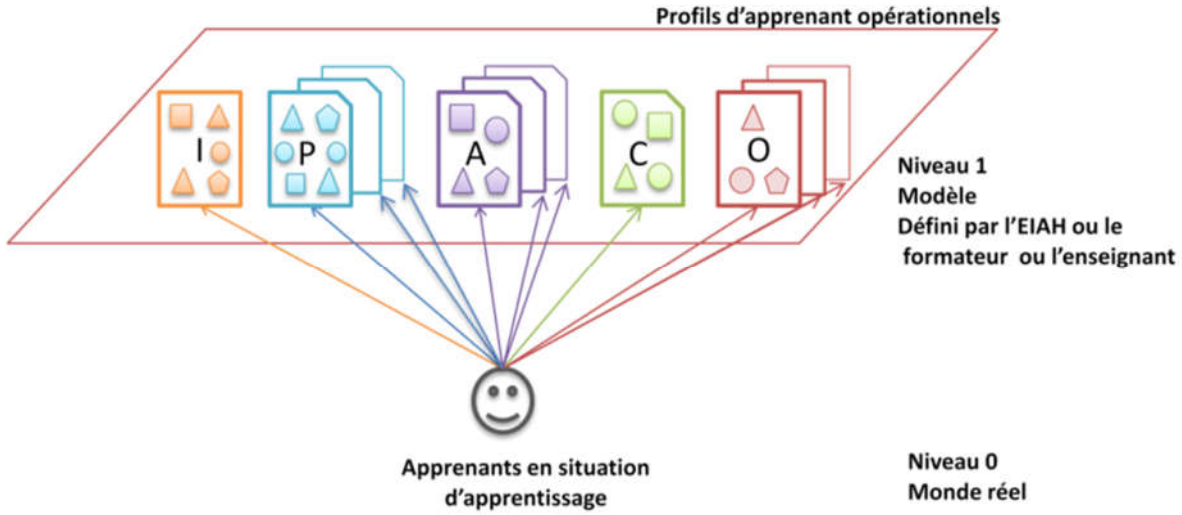
Les profils d'apprenant sont des statuts très importants à définir pour appréhender les systèmes d'apprentissage éducatifs. Le profil d'un apprenant se définit comme un ensemble d'informations interprétées, concernant un apprenant ou un groupe d'apprenants, collectées ou déduites à l'issue d'une ou plusieurs activités pédagogiques que ces informations soient ou non informatisées (Jean-Daubias, 2003). Ces profils doivent être capables de contenir différents types d'informations sur l'apprenant, afin de prendre en compte les différentes facettes de son apprentissage. Il est donc nécessaire de disposer de modèles génériques permettant de représenter tous les profils d'apprenants, mais il est également intéressant que ces modèles précisent la place des différentes facettes des profils afin de fournir par la suite les informations pertinentes pour personnaliser l'apprentissage (Jean-Daubias, 2011). Pour gérer les problèmes inhérents aux informations nécessaires sur l'apprenant dans un environnement informatique pour l'apprentissage humain ou EIAH, nous nous appuyons sur le modèle IPACO. Ce modèle spécifie les informations personnelles des apprenants, les préférences, la séquence d'apprentissage, les caractéristiques et les objectifs de la séquence d'apprentissage. **Les informations personnelles** (Tableau X.8) contiennent les informations relatives à l'identité de l'apprenant. **Les préférences de l'apprenant** sur son utilisation du logiciel sont recensées. Identifier précisément le type de profil joue un rôle important dans le domaine de la personnalisation qui permet aux systèmes d'apprentissage de s'adapter aux désirs des apprenants, pour créer une interface interactive et intuitive. Chaque apprenant a sa propre session d'apprentissage qui enregistre les modifications au fur et à mesure de ses manipulations. **Les caractéristiques** précisent si l'apprenant à d'éventuels handicaps. Et **l'objectif d'apprentissage** renseigne sur les buts et les compétences à atteindre dans une séquence de l'apprentissage et les résultats obtenus.

Tableau X.7 : Les informations dans IPACO (Jean-Daubias, 2011).

Informations personnelles	**Préférences**	**Apprentissage**	**Caractéristiques**	**Objectifs d'apprentissage**
Nom, Prénom, Adresse, contexte	Les critères de l'interface logicielle vont	État des connaissances, des	Description de l'apprenant au point de vue de	Les buts d'apprentissage de l'apprenant déterminés

scolaire, date et lieu de naissance, genre.	susciter des choix de l'apprenant (qui seront enregistrés)	compétences (prérequis)	ses éventuels handicaps	avant la formation ou la session d'apprentissage
Exemple : Prisca, Tambohobe, 9 ans, Féminin,	Exemple la préférence d'un apprenant pour la vidéo par rapport au texte,	Exemple : la compétence de l'apprenant à se servir d'un smartphone	Exemple : problème mental (autiste)	Exemple : Apprendre à lire et à écrire avec la version numérique du livre « Lala sy Noro »

Les connaissances et les compétences se développent avec le temps. Ce qui nous permet d'en déduire que les informations sur l'apprentissage sont les plus dynamiques dans notre système de profil apprenant. Ce dynamisme provoque une variation sur l'état de la compétence de l'apprenant, et engendre des mises à jour à la fréquence de réalisation des activités. L'information sur l'« Apprentissage » abrégé par « A » (Tableau X.7) nous intéresse pour lier un outil à un apprenant qui l'utilise.



I: Informations personnelles
P: Préférences
A: Apprentissage
C: Caractéristiques
O: Objectifs d'apprentissage

Figure X.17: Modèle de profil de (Jean Daubias et Phan, 2009)

A partir du modèle IPACO, Jean-Daubias a proposé le langage de modélisation de profils d'apprenants de niveau 1 à niveau 4 ou Langage de Modélisation de Profils d'Apprenants (LMPA1234). Chaque niveau correspond aux informations des profils de l'apprenant selon les contextes d'usage. Ces modèles définissent l'articulation entre généricité et spécificité en précisant comment la sémantique des profils est intégrée. La sémantique des profils permet une

personnalisation plus fine de l'apprentissage. De plus, ces modèles ont pour objectif, en proposant des profils d'apprenants plus détaillés, de mieux structurés et prenant en compte différentes facettes des apprenants, de permettre une personnalisation de l'apprentissage plus fine. À la conception de notre plateforme, nous nous appuyons sur cette flexibilité du modèle de profil, afin de proposer des outils performants centrés sur l'utilisateur.

La suite du document essaie d'intégrer les concepts de Buckingham, Plantard et la gestion de profil IPACO dans la plateforme d'apprentissage au niveau de base afin qu'on puisse offrir une application mobile permettant une alphabétisation en langue malgache.

En toute circonstance, pour que l'alphabétisation avec le numérique soit effective, on part du niveau de connaissances de l'apprenant par rapport à l'application. Ainsi, l'apprenant reste au centre de son apprentissage, et il conscientise le déroulé effectif des séquences de l'application. Notre priorité est de résoudre la mise en place programmée et significative des séquences numériques d'apprentissage pour l'apprenant. Il s'agit de programmer la compétence numérique à atteindre concomitante à la compétence du langage maternel écrit et oral. Les compétences numériques correspondent aux concepts de Buckingham. Les compétences acquises en matière de langue maternelle écrite sont vérifiées à partir des résultats sur l'évaluation sommative fournie automatiquement par l'application. Autrement dit, le niveau de compétences de l'apprenant se modifie au fur et à mesure du temps d'apprentissage de l'apprenant. Et ces changements sont enregistrés et modifient le statut du profil de l'apprenant expliqué à la figure 5 ci-dessous. Autrement dit, nous avons un système dynamique de profil « utilisateur » à programmer, constitué des variables de processus de compétences de base de Buckingham, des variables de processus d'appropriation de Plantard, ainsi que les variables sur la gestion du profil de Daubias.



Figure X.18: Cycle de vie "profil" en fonction des compétences acquises au fur et à mesure.

À l'instant $t+1$ (Figure *X.18*) où le profil de l'apprenant évolue vers un niveau supérieur, le comportement de l'application doit être en cohérence avec le nouveau besoin de l'apprenant à chaque manipulation ou usage. En revanche, l'étude de ce « comportement cohérence » ou « l'adaptation d'une application » prend en compte différents paramètres. Par exemple un des

paramètres importants à considérer : le type d'utilisateur sur l'utilisation du numérique (naïf, débutant, intermédiaire, avancé). Pour les universitaires, cette adaptation est de niveau intermédiaire ou avancé. Dans notre étude, les apprenants sont des naïfs ou débutants dans certains cas pour les plus compétents, et nous avons l'objectif de rendre leur profil évolutif et non stationnaire sur un état d'utilisation non exploitable/rentable. Dans ce cas, la correspondance entre le niveau de connaissances ou le niveau de compétences de l'apprenant et la pertinence de l'application suscite la continuité sur l'usage de l'application. Cette correspondance est étudiée à partir de l'étude de similarité. C'est une similarité entre les profils de l'apprenant et l'application qui doit être établie pour avoir cette correspondance. Alors que l'évolution du profil de l'apprenant change en fonction du temps, de son historique de l'utilisation et son profil dans le passé, un système de recommandations est nécessaire pour rediriger l'apprenant vers un usage approprié de son profil à l'instant t. Ce système de recommandations sera validé par la similarité du profil et sera constitué par une base de connaissances et de compétences définies. Différentes méthodes sur l'étude de la mesure de la similarité existent et nous présentons une description de la similarité du profil dans le sous-paragraphe.

Rôle du profil « IPACO » dans l'application

IPACO stocke les informations sur le profil de l'apprenant. La sémantique d'une trace affecte les valeurs de chaque élément du l'IPACO.

Tableau X.8 Valorisation du profil IPACO dans le traitement de trace

Profil	**Indexation des valeurs**
Information personnelle	Âge qui détermine le type d'interface à proposer, genre pour gérer les couleurs
Préférence	Personnalisation de l'Interface (couleur préférée ou goût, format de communication le plus apprécié, présentation la plus attirante)
Apprentissage	Les niveaux de compétence (non seulement du prérequis)
Caractéristique	handicaps
Objectif de l'apprentissage	Compétence à atteindre à l'issue de la formation

Les composants du vecteur profil : orientation ou recommandation de l'apprentissage vers une interface personnalisée est l'objectif de notre intervention. Par conséquent, ces champs

auront des valeurs différentes selon le degré d'importance. La modalité d'affectation des valeurs est étudiée à la section Système de recommandation.

X.6.3 Le module acquisition et sortie des données

Ce module assure la collecte et le stockage des données pédagogiques et d'un modèle apprenant. Dans notre version d'application, il est constitué par le système de banque d'images pédagogiques. La collecte de ce type de données est gérée par l'expert en pédagogie de base d'une manière manuelle. Ce module est en interaction avec le SBT et API-Google, dans la version 0.1, pour alimenter les données et évaluations pédagogiques. Les données sorties des traitements sont stockées dans une base de données MySQL pour une classification des comportements pour les traitements de données.

C'est un système interactif entre les ressources pédagogiques et le système de production de l'application. Avec les approches centrées utilisateurs, peupler ce module par les ressources pédagogiques externes mérite une étude approfondie. Nous avons utilisé la base MySQL et Langage de programmation XML et typescript pour la gestion et le traitement des données.

X.7. Le composant « IHM-CNO » (Razanakolona, et al., 2022)

Le composant décisionnel ou CD ou le composant de « mapping » est un module qui assiste l'apprenant pendant l'apprentissage lors d'une difficulté rencontrée. L'assistance prendra la forme d'une autre présentation ressemblant à l'objectif du menu actif. Dans le cas présent, elle était toujours une nouvelle illustrative avec le cas réel existant. Par exemple le « parapluie » avec des couleurs différentes qui est bien existant pour les apprenants dans les zones urbaines. L'objectif est de déterminer le niveau de IHM correspond au profil de l'apprenant qui lui permet de réaliser l'apprentissage jusqu'à l'atteinte de l'objectif de l'apprentissage.

La variable d'entrée du CD est la valeur générée par le modèle de comportement. Ce renvoi avec le profil de l'apprenant procède à identifier le niveau de IHM à fournir. Le module reste inactif si DFR renvoie la valeur booléenne « 1 » et « 0 » dans le cas contraire.

Nous adoptons l'architecture du CD sur la Figure X.*19*. L'affordance est une propriété IHM étudiée par Gibson (Gibson J. , 1988). Sa propriété est à rapprocher avec celle de la sérendipité pour augmenter la confiance sur la décision prise par le système. Cette décision sera envoyée au système de connaissance qui gère l'IHM par niveau.

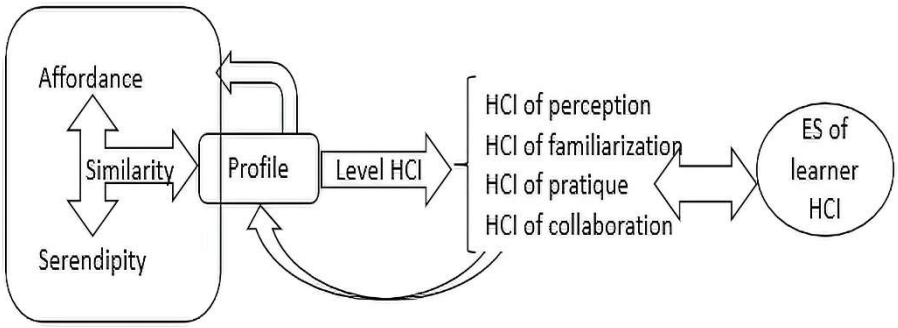


Figure X.19: Architecture du système de recommandation « AβGasy@mobile »

La similarité entre les propriétés affordance et sérendipité mesure l'utilité de l'IHM pour l'apprenant utilisateur. L'utilité est relative à l'adéquation du système interactif aux besoins des utilisateurs, notamment c'est la serviabilité de l'IHM à son utilisateur (Clavary et al., 2004). Le système comprend trois étapes que nous présentons dans les paragraphes suivants.

Étape 1 : Mettre à jour le profil de l'apprenant. C'est la phase de traitement des interactions et mise à jour du profil de chaque apprenant. Les connaissances de l'apprenant évoluent avec le temps de pratique même si l'objectif de l'apprentissage n'est pas encore atteint. La fouille de données avec la méthode mathématique et statistique (Bazsalisza et Naim, 2001) établit la sémantique de trace. La session et la sémantique de trace sont les variables de sortie de cette phase.

Étape 2: Positionner le profil de l'apprenant par rapport à la taxonomie de la compétence selon le type DFR identifiée. Cette position dépend de la similarité entre l'affordance de l'IHM avec la sérendipité. Cette similarité déclenche le niveau de compétence de l'apprenant à l'instant t pendant l'apprentissage. La taxonomie (Figure VIII.*1*) de compétence définit le niveau de compétences par étape sur l'usage de l'application. La compétence est composée de la compétence en langue maternelle et la compétence en numérique. La difficulté est détectée par rapport à la manipulation de l'application, mais l'assistance sera à travers des illustrations innovantes et pédagogiques.

Étape 3 : Choisir les règles d'ingérence pour prendre la décision. Le système à base de connaissance est conçu à partir d'un système pédagogique de la langue malgache (banque d'images et ressources du contenu pédagogique comme « *Lala sy Noro »*) et la taxonomie de la compétence en numérique (Figure VIII.*1*).

Tableau X.9 Échantillon de règle d'inférence

Base de connaissance	Règle d'inférence
1 Event (interaction) 2 Symbol (color) 3 Gesture (repetitive, i) 4 Message (error,0) 5 Form() 6 Menu(object, x) 7 Fund(x)	R1:(Symbol(color), Event(interaction), Message (Error, 0))→Form (1); R2:(Menu(object,1), Gesture(repetitive, 0))→Fund(object)

X.7.1 L'affordance et son rôle en IHM

L'affordance est la capacité ou la potentialité de l'IHM à suggérer à son utilisateur son mode d'usage ou autre pratique. Depuis le résultat de la recherche en psychologie de (Gibson J. J., 1988) l'affordance est une des caractéristiques clés de l'évaluation de l'adaptabilité de l'IHM, notamment les caractéristiques de l'affordance développée par Norman. Dans notre travail de recherche, nous transformons la présentation physique du livre « Lala sy Noro » en une présentation numérique. Cette caractéristique est améliorée au fur et à mesure de la compétence de l'apprenant. L'application intègre une banque d'image et des photos pour tenir la cohérence de cette caractéristique tout au long de l'apprentissage.

Les études sur le mode exploratoire textuel de l'affordance proposé par (Kavanagh et al., 2016) nous a permis d'établir son modèle du diagramme de classe UML (Figure X.20). Nous avons 4 classes statiques qui interagissent dans la caractérisation de l'affordance de l'application « αβGasy@mobile ».

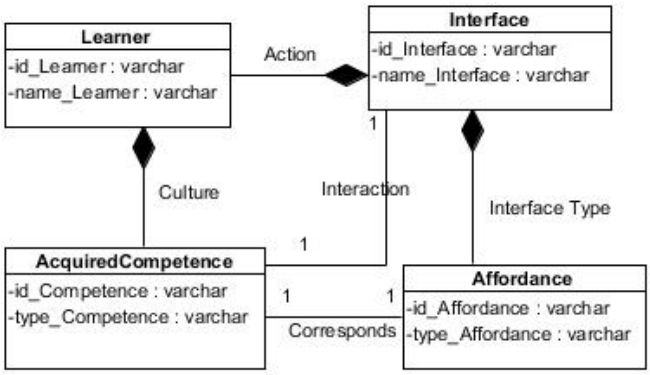


Figure X.20: Diagramme de classe UML affordance *(Razanakolona, et al., 2022)*

Une *compétence acquise* correspond à un outil ou fonction d'adaptation Figure *X.20.* Alors, à chaque compétence acquise, il faut modifier l'outil d'adaptation proposé pour transmettre une autre nouvelle compétence et respecter la caractéristique d'adaptation de l'interface. Et c'est sur cet aspect que nous intégrons la propriété de l'affordance dans notre conception. La classe affordance a les attributs suivants :

-*type de l'affordance* qui prend l'une des quatre valeurs suivantes : les affordances cognitives[54], les affordances physiques[55], les affordances fonctionnelles[56], les affordances sensorielles[57] (Poyet, 2014) ;

-*Nombre d'informations* exposées sur le type de la connaissance en sujet (Bona, 2016). Il est évalué selon la simplicité de l'IHM. Cependant, il correspond aussi à la transformation de l'affordance naturelle vers l'affordance artificielle.

-*Niveau de l'affordance* ayant les valeurs fausses affordance[58], affordance perceptible[59] et affordance cachée[60] (Bona, 2016). Le niveau de l'affordance sera jugé à partir des interactions de l'apprenant sur l'IHM.

X.7.2 La « sérendipité » et son rôle en IHM

Computationnelle de la sérendipité (Corneli et al., 2020)

La sérendipité est un lieu de rencontre du savoir, un aspect au hasard qui conduit à l'évolution intellectuelle. Compte tenu de son rôle crucial dans la découverte et l'invention humaine. Elle est classée parmi les caractéristiques d'un système de recommandation sur le transfert de connaissance (Kotkov et al., 2016), (Pandey et al., 2018). Corneli et ces équipes définissent le terme « sérendipité » comme la description du processus de créativité qui se développe dans un contexte, avec la participation active de l'agent qui n'est pas entièrement sous contrôle de cet agent (Corneli et al., 2020). Ils estimaient que la potentialité de la sérendipité d'un système se

[54] Affordances cognitives correspond à des caractéristiques d'objets conçues aidant, facilitant ou permettant la pensée et/ou la connaissance au sujet de quelque chose (exemple : un label sur un bouton à l'écran).
[55] Affordances physiques sont les caractéristiques d'objets conçues aidant, facilitant ou permettant de faire physiquement quelque chose (exemple : taille et position adéquate du bouton).
[56] Affordances fonctionnelles sont conçues pour une action orientée vers un but (exemple : un bouton oriente l'action vers le clique)
[57] Affordance sensorielles caractérisent l'objet conçues aidant, facilitant ou permettant à l'utilisateur de recevoir des sensations à l'égard de quelque chose (exemple : la visibilité du bouton) (Morineau, 2003, P. 313-314) cité par (Poyet, 2014)
[58] Fausse affordance lorsque l'utilisateur perçoit une affordance qui n'avait pas été anticipées et de rejet correct lorsqu'aucune possibilité n'est perçue alors qu'aucune n'avait été envisagée non plus.
[59] Affordance perceptible lorsque l'usager perçoit et utilise la possible selon ce qui avait été envisagé par le concepteur
[60] Affordance cachée lorsque l'intention du concepteur n'est pas perçue par l'utilisateur (Bona, 2016)

trouve dans les choix de la conception et sur une architecture appropriée de ce système. L'étude sur la théorisation de la sérendipité et de la créativité du Framework leur permet d'en déduire les phases : perception, attention, intérêt, explication, transition et évaluation pour définir les événements fortuits. Après les études littératures en sciences cognitives, en philosophie et en informatique, ils ont défini les pratiques de ces six phases comme les suivantes :

Perception : le processus des événements qui surviennent partiellement à la suite de facteurs indépendants de la volonté du système.

Attention : La puissance du système à identifier le processus d'événement dirigé, qui est accompagné d'une évaluation initiale.

Intérêt : une réévaluation dans laquelle un objet qui avait une valeur neutre voire négative, devient plus intéressant. Il peut se produire, par exemple, si un changement de contexte signifie que l'objet rencontré est désormais considéré comme pertinent. L'intérêt est composé

Compréhension : c'est le modèle qui prédit les comportements fonctionnels, opérationnels ou statiques liés à l'évènement inattendu antérieur dans son nouveau contexte.

Transition : le processus de transition peut comporter de nombreuses étapes et des nouveaux éléments. Le chemin parcouru et l'ensemble des mécanismes sont utilisés pour transformer l'événement déclencheur et la sortie des étapes ultérieures en un problème à résoudre. Les mécanismes incluent souvent des techniques de raisonnement, telles que abduction inférence ou raisonnement analogique et peuvent s'appuyer sur de nouveaux arrangements sociaux ou des prototypes physiques.

Évaluation : le processus aboutit sur un produit, un artefact, un processus, une théorie, une utilisation substance matérielle, le soutien d'une hypothèse connue, une solution à un problème connu, une nouvelle hypothèse ou problème, ou autres formes de résultats. Le système est la source de ces résultats positifs.

Dans notre étude, nous nous servons de ces phases pour établir les caractéristiques de l'IHM pour l'apprentissage des personnes en voie d'alphabétisation. La phase « ***perception*** » correspond à la capacité du menu à déclencher l'apprentissage. Elle est aussi la relation entre le système et l'environnement. Cette phase est déjà acquise par l'IHM. L'apprentissage a commencé dès que l'authentification de l'apprenant est validée. L'évaluation initiale acquise dans la phase « ***attention*** » est la caractéristique intuitive de l'IHM. Elle est renforcée par la présentation d'une IHM familiarisée avec l'apprenant et qui soutiendra les navigations dans l'IHM.

La phase « ***intérêt*** » évalue la potentialité des data sur la stratégie d'utilité. Il a un lien avec la curiosité et le changement du contexte qui peut engendrer la révision de la croyance. L'intérêt peut être aussi lié à la nouvelle inspiration d'apprentissage. Notre étude s'intéresse au renforcement de la propriété « utilité » de l'IHM pendant l'apprentissage. Ainsi, nous prenons « intérêt » comme une entité de modélisation de la sérendipité avec le libellé « centre d'intérêt ».

La phase « ***compréhension*** » engendre un nouveau modèle qui améliore la capacité de faire la prédiction. Sur cette option, l'apprentissage est moins efficace, mais largement applicable à la connaissance. En général, il répond à la question « comment » pour créer un événement en lui-même. Alors, les pratiques peuvent avoir une portée limitée et toujours utile. Ce qui nous conduit à choisir « compréhension » comme une deuxième entité de modélisation UML de la sérendipité avec le libellé « méthode ».

La phase « ***transition*** » transforme la compréhension vers la vraie sérendipité. Les expériences donnent des indications surprenantes. Pour initier le lieu des idées intrigantes qui provoquent des problèmes connus, il est nécessaire d'aller au-delà de la compréhension et travailler dans différents domaines. D'autant plus qu' un nouveau problème connu peut être identifié en travaillant au niveau méta-data. La similarité, la métaphore et l'analogie peuvent être utilisées pour trouver les problèmes connus. Il est difficile de présenter cette phase de transition, quasi dynamique, d'une façon statique. Ainsi, la similarité est la stratégie mise en place pour étudier la potentialité de la sérendipité de l'IHM mobilisée pendant l'apprentissage.

La phase « ***évaluation*** » est mesurée par l'affection et la réflexion. L'affection permet de définir les propres objectifs du système. Tandis que la réflexion s'inspire du sens de l'esthétique du système. Dans ce cas, elle est l'entité « résultat » à la modélisation UML de la sérendipité.

Diagramme de classe UML Sérendipité

Notre principal objectif est de concevoir une IHM efficace ou adaptée à la compétence de l'utilisateur. Cette compétence est un système dynamique que nous devons considérer lors de la conception d'une IHM centrée utilisateur. Cette caractéristique pareille au système de recommandation sur le système de transfert de connaissance est à développer pour améliorer cette IHM centrée utilisateur. L'étude exploratoire textuelle précédente de son mode de fonctionnement (Corneli et al., 2020) nous a permis d'établir le modèle diagramme de classe UML (Figure *X.21*).

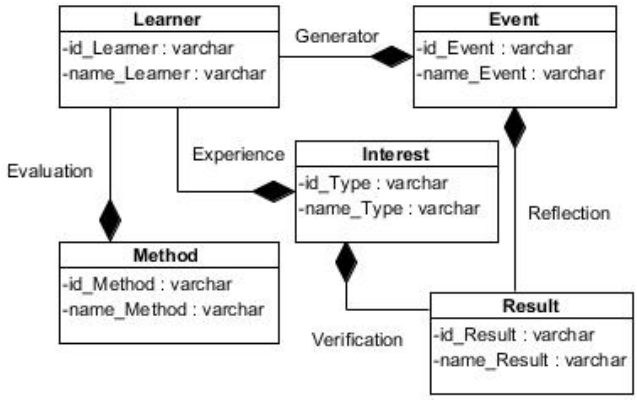


Figure X.21: Diagramme de classe UML de la sérendipité *(Razanakolona, et al., 2022)*

Les entités dans le modèle de la sérendipité sont interdépendantes. Le centre d'intérêt et la source d'évènements, l'entité « event », sont les propriétés fondamentales de la sérendipité. Le centre d'intérêt a la potentialité de maintenir la motivation de l'apprenant, tandis que la source d'évènements approuve la réalisation du but dès le début jusqu'à la fin. L'ensemble de ces deux propriétés garantissent l'atteinte de l'objectif de l'apprenant. C'est sur ces propriétés que la sérendipité intervient dans notre conception de l'IHM.

X.7.3 Mesure de similarité pour la sérendipité et l'affordance

L'étude sur la similarité du profil apprenant renforce la performance de l'application sur la méthode de recommandation. Dans notre étude, elle nous renseigne sur le degré d'utilité du menu par apprenant ou par l'utilisateur. Le degré d'utilité d'un menu joue un rôle important sur l'atteinte du résultat de l'objectif de l'apprentissage dans le cas d'une formation, mais dans l'objectif de la recherche de solution à un problème personnel ou professionnel ou de résolution d'un problème dans un cas général. Nous cherchons à caractériser de façon automatique la meilleure mesure de similarité pour partitionner le profil de l'apprenant par rapport aux compétences numériques exigées pour la manipulation de l'application. La notion de similarité est un concept clé en intelligence artificielle. Elle est au cœur du paradigme qui énonce qu'un transfert de connaissances d'un cas connu vers un cas inconnu est possible dans la mesure où ils sont suffisamment similaires (Rissland, 2006, cité par RIFQI, 2010). En général, RIFIQ a donné la définition de la similarité suivante :

Soit X l'espace des données ou univers, une mesure de similarité est usuellement définie de la manière suivante :

Une mesure de similarité, S *est une fonction* $S : X \times X \to \mathbb{R}$ *qui satisfait les propriétés suivantes :*

-*Positivité :* $\forall x, y \in X, S(x, y) \geq 0$;

-*Symétrie :* $\forall x, y \in X, S(x, y) = S(y, x)$;

-*Maximalité* $\forall x, y \in X, S(x, x) \geq S(x, y)$;

Dans un espace vectoriel quelconque, la similarité du cosinus est comprise dans l'intervalle $[-1,1]$ avec pour valeurs remarquables -1 si et seulement si les directions des vecteurs s'opposent, 0 si les vecteurs sont orthogonaux et 1 s'ils ont la même direction. Dans un espace vectoriel E tel que $\forall \vec{e} \in E, e_i \geq 0,$ cet intervalle se réduit à celui des mesures de similarité à savoir $[0,1]$(Trouvilliez, 2015). La propriété de normalisation impose que les valeurs appartiennent à l'intervalle [0,1].

Les distances de Manhattan, Euclidienne, de Minkowski et de Tchebychev ont une grande sensibilité aux normes de vecteurs utilisés puisqu'elles se basent directement sur celles-ci pour évaluer une distance. Il peut être souhaitable, et c'est souvent le cas pour des distances de textes, de calculer une distance qui ne soit pas sensible à la norme, mais plutôt à la direction des vecteurs. La distance ou similarité de cosinus est dans ce cas un choix pertinent (Trouvilliez, 2015).

Nous transformons chaque apprenant en un vecteur qui décrit la valeur du profil. La représentation d'un ensemble de profils sous forme de vecteurs dans un espace vectoriel commun est connue sous le nom de modèle d'espace vectoriel (vector space model). La similarité cosinus est fréquemment utilisée (Baeza-Yates et Ribeiro-Neto, 1999) en tant que mesure de ressemblance entre deux documents d_1 et d_2. Il s'agit de calculer le cosinus de l'angle entre les représentations vectorielles des apprenants à comparer. Un document est représenté par les caractéristiques telles que l'auteur, la discipline, le contenu, la date, l'éditeur, le style de texte.

La similarité obtenue $sim_{cosinus}(d_1, d_2) \in [0,1]$.

$$sim_{\cos inus}(d_1, d_2) = \frac{\vec{d_1} \times \vec{d_2}}{\left\|\vec{d}_1\right\| \left\|\vec{d}_2\right\|}$$

Formule 1 Cosinus de similarité

Dans notre cas, nous avons une base $(\vec{e_1},\vec{e_2},...,\vec{e_n})$ d'un espace vectoriel apprenant A alors, pour tout vecteur $\vec{a}$, il existe un unique $a(x_1,x_2...,x_n)$ élément de A^n tel que : $\vec{a}=x_1\vec{e}_1+x_2\vec{e}_2+...+x_n\vec{e}_n$ avec $n=5$ dont ils sont définis par IPACO au paragraphe suivant. Et la formule (1) devient

$$sim_{\cos inus}(\vec{a}_1,\vec{a}_2)=\frac{\vec{a_1}\times\vec{a_2}}{\left\|\vec{a}_1\right\|\left\|\vec{a}_2\right\|}$$

Formule 2 Mesure de similarité du profil apprenant avec l'affordance

La valeur de $sim_{\cos inus}\left(\vec{a_1},\vec{a_2}\right)$ se trouve dans l'intervalle de 0 à 1 ou $[0,1]$, plus le résultat est proche de 1 plus la similarité est proche ou fiable. Par la suite, l'IHM du menu actif est plus attractif pour l'apprenant. Elle a une potentialité de maintenir l'apprenant à réaliser son but sans rupture ou temps inactif. On peut confirmer qu'il y a un transfert de connaissance. Chaque menu est caractérisé par les propriétés affordance et sérendipité.

Le vecteur affordance représenté par $\vec{a_1}$ a pour composants :

1. Le type de l'affordance
2. Le format de l'interface mobilisée
3. Le nombre d'informations à manipuler pour une page écran.
4. Culture de l'apprenant
5. Nombre d'interactions sur le menu

Le vecteur sérendipité $\vec{a_2}$ a les composants vectoriels suivants:

1. Nombre d'interactions par type de préférence ;
2. Durée d'intervention ;
3. Nombre d'expériences ;
4. Note d'évaluation reçue ;
5. Objectif de l'apprentissage atteint.

Le choix de ces composants du vecteur a été validé après la confrontation des résultats expérimentaux obtenus avec le diagramme de classe UML de chaque propriété. Le résultat interagit avec le module de recommandations pour la prise de décision.

L'application « αβGasy@mobile » redirige ou oriente l'apprenant vers la nouvelle compétence après le regroupement. Un questionnaire est envoyé aux apprenants pour analyser leur degré de

satisfaction sur l'usage de l'application. Le résultat attendu diffère par rapport au niveau de compétence des apprenants d'où chaque similarité est caractérisée par une compétence acquise. Par conséquent, les bases de connaissances sur le cycle de vie de la compétence sont les fondements du paramètre de traitement.

X.8 Algorithme du nouveau composant du menu

Nous proposons la planification de l'algorithme du nouveau composant sur la Figure X.22 pour mieux comprendre l'Algorithme *X.2*. L'analyse commence par l'étude de similarité entre la sérendipité et l'affordance. L'exécution sur la suite de l'algorithme dépend de ce résultat.

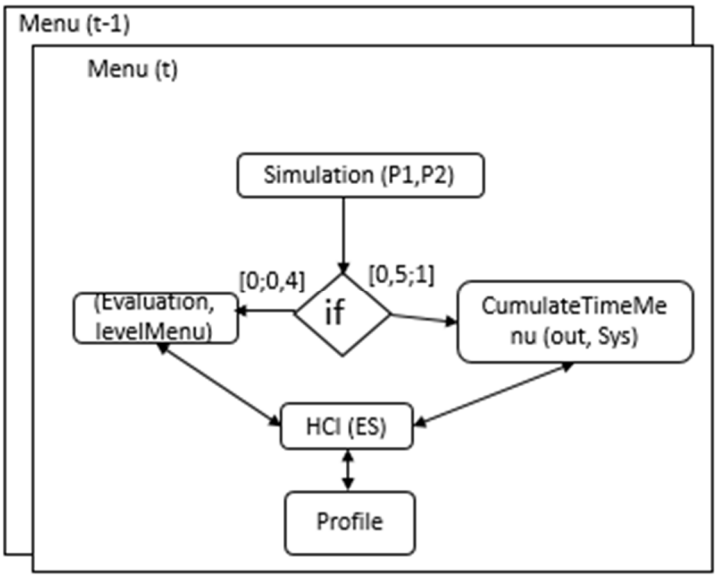


Figure X.22 Planification de l'algorithme

Les IHM fournis correspondent au niveau de compétence de l'apprenant où le problème a eu lieu. À chaque nouveau menu actif, les variables d'entrées se réinitialisent par les valeurs sorties du menu précédent et mises à jour avec les valeurs de la réalisation de l'activité à l'instant t.

```
Input: Interaction's trace, CumulateTimeSys, LevelMenu, CumulateTimeOut, CumulateEvaluation, VectorP1 /*Affordance component*/, VectorP2 /*Serendipity component*/
Output : Profile, HCI
/*integer i, j, m, n,k
/*Step to put the Expert System*/
 1 FOR i going 1 TO m DO
 2      Looks up learner skill
 3      Propose HCI
 4 END FOR
/*Step to extract the value of component affordance and component serendipity, profil learner*/
```

```
 5 FOR i going 1 TO m DO
 6     FOR j going 1 TO n DO
 7           processing to affect value profile learner
 8     END FOR
 9 END FOR
 /* Step for value affectation processing of the affordance component and the
serendipity component, and to calculate similarity and classify learner with it's skill */
10  IF 0 =< (SimCosinus of VectorP1, VectorP2) AND (SimCosinus of
VectorP1, VectorP2) =< 0.4 THEN
11      verify profil skill learner
12  ELSE IF CumulateEvaluation =< LevelMenu THEN
13      propose HCI
14   ELSE IF   0.5 =< (SimCosinus of VectorP1, VectorP2) AND (SimCosinus of
VectorP1, VectorP2) =< 1 THEN
15      verify CumulateTimeOut interaction's menu
16  ELSE  IF (CumulateTimeOut = CumulateTimeSys) THEN
17      normal learning continues
18  ELSE IF (CumulateTimeOut < CumulateTimeSys) THEN
19      FOR i going 1 TO k DO
20            propose HCI
21      END FOR
22  ELSE
23      it is not about learning
24  END IF
25 END
```

Algorithme X.2 : Algorithme du composant IHM-CNO (Razanakolona et al., 2022)

X.9 Résultats et discussions

À l'issue des expérimentations mises à exécution au Chapitre XIV, nous pouvons exposer les résultats partiels dans ce paragraphe. Étant donné que l'étude porte sur deux disciplines différentes, ce paragraphe est dédié à l'analyse des résultats comportant les parties techniques. Il s'agit de l'analyse sur la continuité de l'apprentissage (moindre rupture ou tentation de rupture) dans un intervalle de temps prédéfini et les causes de la rupture. Cette continuité de l'apprentissage se traduit dans la cohérence du système avec la capacité de l'apprenant à utiliser pendant l'apprentissage avec l'IHM mobilisé.

X.9.1 Outil d'évaluation

Nous nous intéressons aux impacts du l'IHM-CNO sur la continuité de l'apprentissage par apprenant. Pour étudier l'indépendance de ces deux variables (qualitative ou quantitative, discrètes ou continues), nous nous appuyons sur les outils tests de Khi deux pour tester l'interdépendance à partir des valeurs expérimentales sur l'usage de l'IHM-CNO et les durées

de l'apprentissage. Nous renforçons les résultats par l'étude de la relation des groupes d'échantillon en rapport avec la durée de l'apprentissage à partir de la méthode ANOVA.

Test d'interdépendance de Khi –deux

Le test de Khi-deux est une étude statistique permettant de comparer les effectifs (fréquences) observés dans un échantillon avec des fréquences théoriques qui découlent des hypothèses statistiques. On s'intéresse dans notre situation à l'étude d'indépendance dans laquelle la statistique est applicable pour effectuer un test d'hypothèse. Il s'agit de mesurer l'indépendance des deux variables aléatoires v.a qualitatives dans une population. C'est-à-dire si la connaissance d'une des v.a peut influencer la loi de probabilité de l'autre. Dans la suite de notre évaluation, nous vérifions si l'IHM-CNO influence la continuité de l'apprentissage. La statistique de Khi-deux est donnée par

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{m} \frac{(n_{ij} - T_{ij})^2}{T_{ij}}$$

Tel que

k est le nombre de modalités de X et m est le nombre de modalités de Y

$n_{i.}$ est la fréquence de la modalité i de la variable aléatoire X et $n_{.j}$ est la fréquence de la modalité j de la variable aléatoire

T_{ij} est la fréquence attendue pour les modalités i et j s'il y avait indépendance.

Nous avons les hypothèses statistiques suivantes :

H_0 : $\Pr(X = x \text{ et } Y = y) = \Pr(X = x)\Pr(Y = y)$ pour tout x, y

H_1 : $\Pr(X = x \text{ et } Y = y) \neq \Pr(X = x)\Pr(Y = y)$ pour au moins un x, y

L'hypothèse nulle est rejetée si $X^2 \geq X^2_{(k-1)(m-1);\alpha}$

X^2 est la valeur observée et $X^2_{(k-1)(m-1);\alpha}$ est le point critique de niveau α d'une loi Khi deux à $(k-1)(m-1)$ degrés de liberté.

L'analyse détaillée des données par expérience sera effectuée dans le paragraphe 0.

Test de variation ANOVA : la Variance

On utilise l'ANOVA ou (ANAlyse Of Variance) en anglais lorsqu'on souhaite tester une hypothèse. Elle permet à un analyste de comparer deux ou plusieurs groupes en même temps pour établir s'il existe une relation entre les groupes. Il existe principalement deux types d'ANOVA: à un facteur et à deux facteurs. Les deux tests ANOVA diffèrent l'un de l'autre par le nombre de variables indépendantes.

L'ANOVA à un facteur implique qu'il n'y a qu'une variable indépendante. Elle peut vous indiquer qu'au moins deux groupes sont différents l'un de l'autre, mais ne peut pas révéler quel groupe est différent. Pour savoir exactement quel groupe a des moyennes différentes, vous pouvez exécuter un test ad hoc. Une ANOVA à deux facteurs comprend deux variables indépendantes. Une ANOVA à deux facteurs est appropriée lorsque vous avez une variable de mesure avec deux variables nominales. Elle détermine si le groupe des variables indépendantes diffère statistiquement. Pour ce faire, elle calcule s'il existe une différence entre les moyennes du groupe et la moyenne globale de la variable dépendante.

L'hypothèse nulle est rejetée s'il existe une différence entre les moyennes du groupe et la moyenne globale. S'il n'y a pas de différence entre les groupes testés, le résultat de la statistique du rapport F de l'ANOVA sera proche de 1.

Pratique de l'ANOVA

Pour étudier l'influence du nouveau composant sur l'utilisabilité de l'application avec l'apprenant, ANOVA a été prise pour comparer l'effet de l'Interface Homme –Machine simple et celle qui intègre le composant « illiterate ». Un facteur est toute série d'éléments de même nature qui peut être comparée au cours d'une expérience (Kakaï et Lykke, 2016). L'étude est basée sur le facteur du composant « IHM-CNO » aux apprenants pendant l'usage de l'application.

Le calcul des probabilités liées aux tests des différents facteurs en analyse de la variance se fait à partir des variances (appelées « carrés moyens ») des différents termes du modèle d'ANOVA. Les différentes étapes de calculs ainsi que la valeur de la probabilité liée aux facteurs considérés dans une ANOVA sont consignées dans les Tableau X.12 et

Tableau X.13. Pour chaque tableau, la valeur limite de la probabilité liée au facteur testé habituellement utilisé (le seuil) est de 0.05 (risque α de première espèce). Si la valeur de

probabilité calculée est inférieure au risque α (α=0.05), on conclurait à une différence significative de variance du caractère dans les populations considérées. Dans ce cas, le facteur « IHM-CNO » est significatif. Si la valeur de la probabilité est supérieure à 0.05, on accepterait l'hypothèse nulle H_0 d'égalité des variances du caractère entre les groupes considérés.

Les hypothèses suivantes sont à vérifier:

H_0 : toutes les variances sont égales

H_1 : au moins une des variances est différente des autres

Nous souhaitons tester l'effet de l'IHM-CNO pour l'apprentissage des lettres « l » et « m » pour trois groupes d'apprenants (Tableau X.10). À chaque apprentissage, nous avons le même groupe d'apprenant qui contient sur l'ensemble 150 apprenants et 10 IHM à parcourir pour réaliser l'apprentissage.

Tableau X.10 Les données à étudier

Échantillons	**Groupe de l'expert ou** $G_{k=1}$	**Groupe A1 ou** $G_{k=2}$	**Groupe A2 ou** $G_{k=3}$
Valeur du caractère	$X^1_{i=1}.....X^1_{i=50}$	$X^2_{i=1}$ .....$X^2_{i=50}$	$X^3_{i=1}$ .....$X^3_{i=50}$
taille	10	10	10
Moyenne	$m_{k=1}$	$m_{k=2}$	$m_{k=3}$
Variance	$\sigma^2_{k=1}$	$\sigma^2_{k=2}$	$\sigma^2_{k=3}$

Ces hypothèses ramènent à tester l'hypothèse nulle. L'étude de comparaison se fait entre deux expériences qui sont apprendre les lettres « l » et « m » pour les mêmes groupes qui se déroulent à des temps différents. Les calculs ont été faits avec le logiciel R

Observation des résultats.

Le protocole d'expérimentation est détaillé dans la section XIV.1. Pour étudier l'impact du composant IHM-CNO, nous avons 10 menus[61] ou IHM à manipuler pour apprendre avec l'application. La valeur de chaque menu ou les variables à étudier sont la moyenne sur la durée de manipulation pour les 50 apprenants. Les données expertes pour le groupe expert, GA1, ont

[61] 1-Guide Lecture, 2-guide Écriture, 3-Illustration lecture, 4-écoute, 5- lecture, 6-exercice lecture, 7-évaluation lecture, 8-modèle écriture, 9-exercice écriture, 10-évaluation écriture

été fournies par interaction des quelques instituteurs avec le smartphone pour apprendre à lire et à écrire. Les apprenants des Groupes 2 et 3, GA2 et GA3, ont tous le même niveau au début de la formation. Les apprenants du groupe GA2 utilisent l'IHM simple Figure X.23 (b) tandis que ceux du groupe GA3 apprennent avec l'IHM qui intègre le composant caractérisé par « illiterate » Figure X.23 (c).

La durée prévue de l'apprentissage est d'une heure et trente minutes pour chacune des lettres. Le processus de la lettre à apprendre suit le modèle du livre « Lala sy Noro ». La présentation, les illustrations, et l'interaction qui le différencie du manuel, ainsi que les outils de réalisation de l'apprentissage sont illustrés dans la (Figure X.23). En se basant sur la méthode « plume de parapluie » pour dessiner les lettres « l » et « m », on utilise 2 fois la plume de parapluie pour apprendre « l » et 3 fois renversées et une fois normal pour la lettre « m ». Cela implique que la lettre « m » est compliquée par rapport à la lettre « l », mais il y avait i, a, o, r, n à apprendre avant d'arriver à la lettre « m ». C'est la raison pour laquelle les moyennes de la durée Expert sont les mêmes pour ces deux lettres. SBT au paragraphe VII.3 fournit les données qui concernent les traces de l'interaction de l'apprenant avec l'application.

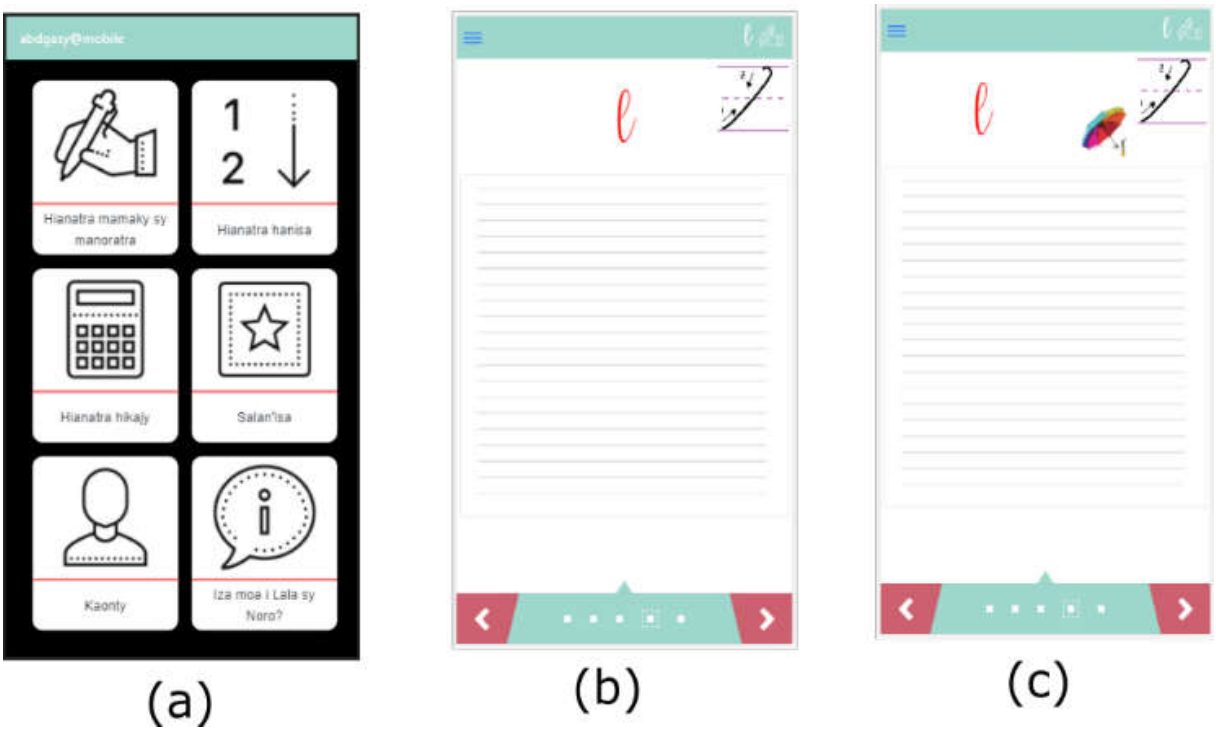


Figure X.23 Présentation numérique du livre « Lala sy Noro » pour apprendre la lettre « l »

L'étude de l'appropriation de l'application par l'apprenant est aussi une préoccupation et c'est la raison pour laquelle l'analyse des données de l'apprentissage sur les durées de manipulation est nécessaire.

Tableau X.11 (a)Données pour apprendre la lettre "l" (b) Données pour apprendre la lettre "m"

Menu et moyenne durée	Caractéristique de l'IHM avec et sans « sérendipité »		
	Experts GA1	*IHM - simple GA2*	*IHM - illiterate GA3*
GuideL	7	14	6
illustm	8	16	8
Lec "m"	7	15	10,8
Eco "m"	8	16	7,4
Rep"m"	9	10	8,3
EvaL"m"	12	18	10,2
GuideE	7	15	12,1
Mod"m"	8	15	7,5
Ecri"m"	8,5	20	14
EvaE"m"	12	25	10,1

Menu et myenne durée	Caractéristique IHM avec et sans "sérendipité"		
	Experts GA1	*IHM - simple GA2*	*IHM - illiterate GA3*
GuideL	7	14	10
illustL	8	8,5	8
Lec "l"	7	20	11,8
Eco "l"	8	16	9,4
Rep"l"	9	10	6,3
EvaL"l"	12	10,9	12
GuideE	7	10	10,1
Mod"l"	8	9	6,9
Ecri"l"	8,5	12	8,7
EvaE"l"	12	17	11,2

Analyse du test de Khi-deux :

Dans le test de Khi-deux, nous étudions les données expérimentales obtenues pendant l'apprentissage de la lettre 'l' (Tableau X.11.a). En appliquant la statique de Khi-deux avec les v.a théoriques de l'expert et le premier groupe sur la durée de l'apprentissage nous avons $X^2 = 44,3212757$ et au seuil de critique $\alpha = 0.05$, $X^2_{(9;0.05)} = 16,9189776$.

L'hypothèse nulle est rejetée, car $X^2 \geq X^2_{(k-1)(m-1);\alpha}$ qui revient à dire qu'il y avait des différences sur les lois de probabilité entre ces deux v.a pour au moins x, y. Plus précisément, le modèle de l'expert n'a pas de lien avec la continuité de l'apprentissage avec un simple IHM.

Le test de Khi-deux des valeurs attendues (modèle expert) et les valeurs observées du groupe 2 (apprentissage avec IHM-CNO), nous avons $X^2 = 7,21428922$ qui est inférieur à la valeur théorique au seuil du critique $\alpha = 0.05$ $X^2_{(9;0.05)} = 16,9189776$. L'hypothèse nulle est vérifiée. Ce qui revient à dire que pour toutes les valeurs de la durée de la continuité de l'apprentissage, l'IHM-CNO a un impact sur ces valeurs.

IHM-CNO a un impact sur la durée de l'apprentissage. Cet effet est constaté pendant l'observation sur le terrain. Durant les expériences, on a constaté une rupture à chaque basculement d'activité, pour les apprenants qui travaillent avec l'IHM simple. Ils attendent le deuxième tour ou bien reportent la suite de l'apprentissage pour une autre disponibilité. Avec

l'IHM- CNO, les apprenants ralentissent leur apprentissage et ne comptent pas quitter volontairement le lieu d'apprentissage. En général, l'effet d'une nouvelle illustration qui apparaît éventuellement a suscité leur curiosité, a étendu leur acquis.

Analyse ANOVA :

Pour les deux lettres, les résultats du traitement ANOVA donnent les mêmes effets : $(F_{calculé} > F_s)$ au risque de α (α=0.05) (Tableau X.12 Tableau X.13). L'hypothèse nulle est rejetée, ce qui ramène à confirmer qu'il y a au moins une des variances qui est différentes des autres ou que toutes les moyennes ne sont pas égales. Cette inégalité se traduit par l'indépendance de ces groupes lors de l'apprentissage. On en déduit que la variable qualitative « impact de l'IHM-CNO ou la continuité de l'apprentissage » a une influence sur la modalité d'apprentissage des apprenants. L'observation sur terrain et les historiques des données indiquent que la continuité de la réalisation de l'apprentissage n'est pas respectée pour les apprenants GA2. La couleur rouge sur le Tableau X.11 (a) et (b) signifie qu'il y a des ruptures de l'apprentissage pour les apprenants de ce groupe. Cette rupture peut être l'attente d'un nouveau tour, l'impatience pendant une longue attente ou la préoccupation par un autre travail de ménage. Alors que les apprenants du GA3 demandent toujours une intervention de l'animateur pour passer le smartphone aux autres apprenants, ils ne quittent pas le lieu d'apprentissage facilement: ils arrivent à six heures de matin, pendant l'automne sur le lieu d'apprentissage, ils amènent peu d'amis, ce qui est le cas contraire pour le groupe GA2. Chaque apprenant amène un autre apprenant de plus à chaque formation.

Tableau X.12 Analyse de variance apprendre la lettre "l"

Source des variations	**Analyse de la variance apprentissage la lettre "l"**					
	Somme des carrées	**Degré de liberté**	**Moyennes des carrées**	$F_{calculé}$	F_s	$P_{valeur}\ (F_{calculé} > F_s)$
Entre groupes (facteur) (AG1 et AG2)	94.14	2	47.07	6.326	3.354	0,00558399
À l'intérieur des groupes (erreur)	200.913	27	7.44			
Total	295.054	29				

Tableau X.13 Analyse de variance apprendre la lettre "m"

Source des variations	Analyse de la variance apprentissage la lettre “m”					
	Somme des carrées	Degré de liberté	Moyennes des carrées	$F_{calculé}$	F_s	$P_{valeur}\ (F_{calculé} > F_S)$
Entre groupes	363.761	2	181.88	15.876	3.354	2,765E-05
À l’intérieur des groupes	309.329	27	11.46			
Total	673.0897	29				

Après la confirmation de l’indépendance des groupes, une étude d’évaluation par rapport au temps de la réalisation de l’apprentissage de ces deux lettres est nécessaire. Cette évaluation reflète l’amélioration par rapport au temps d’apprentissage. Rappelons que la lettre « m » est plus compliquée par rapport à la lettre « l », et que avant d’apprendre la lettre « m », il faut passer par l’apprentissage des lettres l, i, a, o, r, n. La durée des apprentissages « l » et « m » est presque supérieure à celle du modèle des experts *Figure X.24* (a). Mais l’apprentissage de la lettre « l » dure beaucoup plus par rapport à l’apprentissage de la lettre « m ». La rupture se présente fréquemment à chaque fin d’évaluation de la lecture.

Par observation et au résultat du questionnaire (cf à l’Annexe III) sur le degré de satisfaction des apprenants, ceux-ci s’approprient l’application, mais la motivation est confondue avec les obligations journalières.

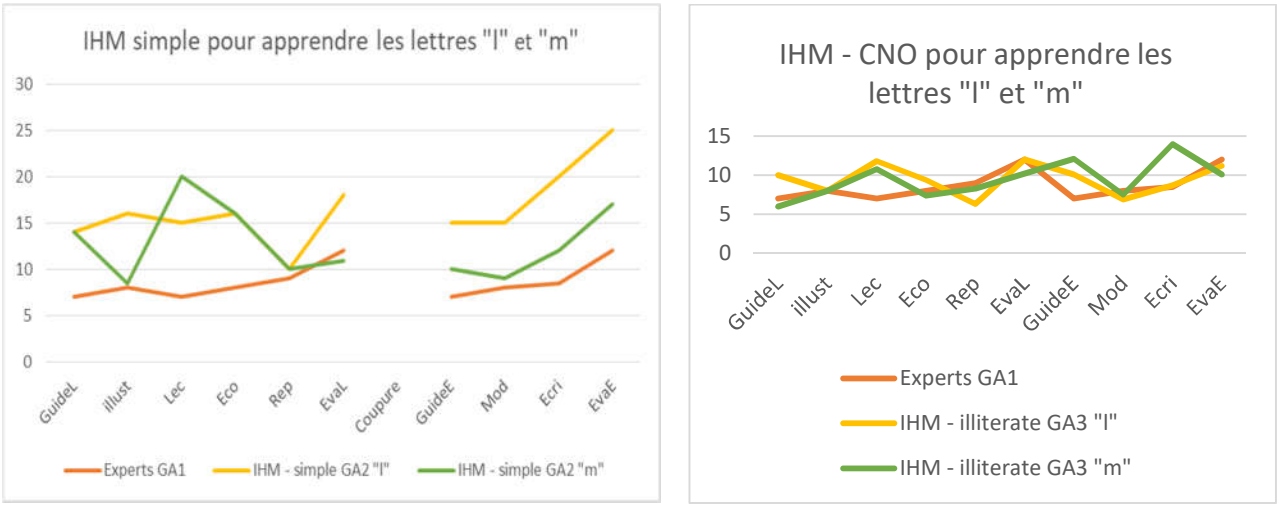


Figure X.24 (a) Durée d'apprentissage IHM simple (b) Durée d’apprentissage IHM-CNO

L’apprentissage de la lettre « l » sur la *Figure X.24* (b) s’aligne presque avec le modèle des experts. Dans cette même figure, apprendre à écriture la lettre « m » a duré un peu plus par rapport aux autres. C’est l’impact des modèles d’apprentissage très développés pour apprendre

cette lettre. Le principe de parapluie et le modèle traditionnel ont été proposés lors de l'apprentissage. Avec les nouvelles illustrations, le système cognitif de l'apprenant reste actif tant que l'objectif de l'apprentissage n'est pas atteint. Il commence l'apprentissage par le rappel de l'antécédent et continue avec un nouvel objectif.

En général, on constate une utilisation active sur les deux IHM différentes même si la rupture se présente lors de l'utilisation de l'IHM qui n'intègre pas la propriété « illiterate ». On constate une forte motivation pour l'utilisation de l'IHM-CNO par rapport à l'IHM simple. La variation sur la durée d'apprentissage se réduit avec le modèle de l'expert pour celui de l'IHM-CNO.

Partie IV Étude de cas

Chapitre XI. Étude théorique et conception d'une application

Notre étude présente pas à pas la naissance de cette application mobile dédiée à l'alphabétisation en langue malgache. L'outil numérique sera non seulement à la disposition de tout malgache désirant apprendre la langue malgache, mais aussi devra être maîtrisé par eux. Ce chapitre s'articule autour des contenus et des étapes nécessaires à la réalisation d'une formation à distance au niveau de l'enseignement de base afin de dégager les concepts des outils numériques à fournir pour un tel apprentissage.

Lala sy Noro est présenté en trois couleurs : le blanc en fond du papier, le violet clair et le vert qui serviront à l'illustration. la page suivante est dédiée au titre «*Lala sy Noro »*, «le premier livre pour apprendre à lire ». Le contenu est structuré par les 21 lettres de l'alphabet[62] malgache accompagnées par les images d'origine, des mots et des phrases simples. Chaque lettre à apprendre est présentée en majuscule (format imprimerie) et en minuscule (forme cursive). Aux dernières pages, on trouve des récits et des contes et légendes. Toutes les illustrations sont rédigées sur les 53 pages composant le manuel, avec des consignes d'utilisation en première page du livre. La particularité de *Lala sy Noro* par rapport aux autres supports pédagogiques est qu'il a accompagné grand nombre d'écoliers malgaches et ce pendant soixante ans. Ces contenus sont simples et le prix est accessible à des personnes issues du milieu rural.

L'étude théorique dans cette partie s'articule autour de la présentation de la finalité de la recherche ainsi que les concepts préexistants. Ces concepts nous permettent d'analyser le champ de recherche, la finalité et l'intérêt de l'étude, la problématique, les objectifs de l'étude ainsi que des hypothèses de recherche.

D'après le site de l'Institut de statistique de l'UNESCO, en 2015, le taux d'alphabétisme des 15 ans et plus était de 64.4% pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne (contre 56.8% en 2000), le nombre de personnes en situation d'alphabétisation étant alors de 203.4 millions (49.2 millions chez les 15-24 ans) (Rakotomanana et al. 2020).

Pour le basculement du modèle traditionnel vers un modèle contemporain, l'apport du numérique dénombre quatre compétences clés (pensée critique et capacité à résoudre des problèmes, créativité, communication, collaboration) et six qualités (curiosité, sens de l'initiative, ténacité, adaptabilité, leadership, conscience sociale et culturelle) (Institut

[62] a, b, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, r, s, t, v, y, z. (21 lettres).

Montaigne, 2016). Sur l'étude pratique et technique, nous postulons que les composants techniques de ce nouveau modèle pédagogique, à savoir la numérisation de l'enseignement ne pourront pas se substituer totalement à l'enseignant en présentiel.

XI.1 Le choix du livre « *Lala sy Noro* »

Les conditions du choix :

Lala sy Noro, conçu par un pédagogue et proposé en 1958 est le premier livre en langue malgache et est destiné à apprendre à lire et à écrire cette langue. Il y avait différents livres de même type que « Lala sy Noro » comme "Etsy babeko, Ny any @nay, Isambilo, Andeha hianatra izahay" qui ont été publiés dans les imprimeries. Ils sont volumineux et dédiés aux classes intermédiaires au premier cycle.

Dans son mode d'utilisation, il est présenté dans une version unique et ne propose donc pas de version spécifique pour l'élève ou pour le maître.

Utilisé dans l'enseignement depuis plus d'une soixantaine d'années, ce manuel présente l'avantage économique, mais aussi technique d'échapper au droit d'auteur et d'être dans le domaine public.

Un autre intérêt pratique qu'il présente pour l'apprenant, est qu'il propose, bien qu'il soit considéré comme complet, moins de mots à apprendre que d'autres manuels tout en couvrant son domaine d'utilisation et en étant jugé complet en la matière.

XI.1.1 Environnement technique d'une pédagogie numérique

Le concept d'une pédagogie numérique est qu'elle utilise les outils numériques pendant l'apprentissage. Il s'agit d'une forme d'industrialisation de la formation. Les moyens qui conditionnent son environnement technique et les transformations dans le domaine sont mobilisés dès 1991. Nous insisterons sur le fait que l'objectif du projet d'industrialisation est bien de maintenir le niveau de qualité au moins aux standards de ce qui existait.

On peut voir comment se mettent en place des grands types d'organisation différenciés, combinables dans cette transformation dans des dispositifs concrets : la production de téléservices (usage des dispositifs de visio-conférence…), la gestion de libres-services (services éducatifs virtualisés en ligne), l'éditorialisation de produits-services (disquettes, cédéroms, mallettes, polycopiés numériques …), le développement de produits sur mesure (logiciels personnalisés avec des fonctions d'intermédiation…).

Choix de la plateforme

Aspect technique

Dans l'aspect technique, nous nous référons à la plateforme « MOODLE » qui est la plus utilisée dans le système éducatif à Madagascar (évoqué à la section II.2). Avec les multiples langages, elle est une « Learning Management System » d'envergure internationale pour intégrer l'environnement informatique de l'apprentissage humain au niveau supérieur. Cela indique que les interfaces mobilisées ne répondront pas toutes aux besoins des utilisateurs. La charte graphique est personnalisable, mais elle n'implique pas que les interfaces soient intuitives et conviviales à tous types d'utilisateurs, plus particulièrement pour les apprenants avec des difficultés pour apprendre avec le numérique. Dans notre intervention, nous proposons la gestion de l'interface en fonction de la compétence numérique de l'apprenant ou de l'utilisateur.

Elle est une plateforme interactive pour les échanges asynchrones ou synchrones, mais cette option n'existe pas pour le module évaluation. Cette plateforme intègre des fonctionnalités pour le stockage des fichiers, des documents, des images….au serveur hébergeant de l'application. Cela présume que la capacité pour la gestion de formation est limitée en fonction de l'espace du serveur hébergeant. Notre proposons une gestion de plateforme simple et hyper-interactive.

Aspect pédagogique

Description fonctionnelle de l'application **« αβGasy@mobile »**

L'application pour apprendre à lire, à écrire et à calculer en langue malgache **« αβGasy@mobile »** sur le téléphone portable est aussi disponible sur le poste informatique de travail. Une formation a été organisée lors de l'expérimentation et est consultable en annexe.

La particularité des fonctions de αβGasy@mobile repose sur :

La différence de « αβGasy@mobile » avec le manuel

La grande différence constatée pour l'ensemble de l'application concerne la présentation des contenus pédagogiques, la surface active restreinte et ainsi que le mode d'accès. Une seule page du manuel est visible sur un écran. Et toute la manipulation sera en interaction de l'apprenant avec l'écran. La condition pour un usage en continu, c'est la disponibilité du courant électrique sur le téléphone portable. La connexion internet se fait alternativement selon la couverture du réseau informatique et sa disponibilité.

Du côté apprenant, le manuel sert pour l'apprentissage présentiel. Le maître consacre beaucoup de temps à ses élèves pour leur apprendre à lire et à écrire en présentiel et assurer une transmission de connaissances. Avec cette application, les apprenants travaillent en autonomie. La nouvelle application intègre les assistances pédagogiques, qui peuvent s'entendre comme une classe avec des modes de fonctionnement polyvalents pour ceux qui ont, à la fois, l'accès à l'application et l'opportunité de fréquenter la classe. Cette dernière privilégie l'apprentissage avec les environnements pédagogiques multimédias différents. L'élève fait des allers et retours entre le présentiel et d'autres médias, et capitalise des connaissances et des compétences.

Un nouveau module intitulé « dénombrement » est aussi disponible sur l'application. Ce module est conçu à partir de la méthode Boscher. Par expérience, les personnes en situation d'alphabétisation savent compter en mots, mais n'arrivent pas à les associer aux nombres. Ils mémorisent facilement les chiffres de 0 à 9. C'est la raison pour laquelle nous avons démarré la partie calcul avec la reconnaissance des chiffres associée aux quantités.

Les prérequis des bénéficiaires en TIC

La compétence à manipuler un appareil mobile, notamment le téléphone mobile, est la seule condition en compétence de TIC exigée pour suivre la formation. Les apprenants dans leur quotidien privilégient la reconnaissance vocale, lorsqu'ils échangent des SMS. De même, ils traduisent les SMS reçus en mode vocale, grâce à l'application de traduction de Google. Le téléphone mobile semble à la portée de tout le monde et les communications par réseaux sociaux intensifient le phénomène.

XI.1.2 Attentes par rapport à une pédagogie numérisée

Les retombées au niveau du développement du pays

Le déploiement d'une formation de base généralisée y compris auprès des zones défavorisées est l'assurance de lutter efficacement contre l'illettrisme et l'analphabétisme. Le résultat aura un impact sur le développement social et de l'individu à moyen terme et sur l'économie du pays à plus long terme. Cette application et son extension à l'ensemble du pays augmenteront le taux d'alphabétisation.

Une réforme numérique à la hauteur des besoins du système éducatif de base sera l'avènement le plus remarquable et ce projet peut y contribuer, s'il est mené à son terme. Cette politique d'intégration du numérique aura un retentissement sur les modalités pédagogiques choisies et sur le comportement des acteurs principaux de l'enseignement. Avec la vulgarisation des usages des TIC dans le domaine de l'éducation, notamment en éducation de

base, des progrès en pédagogie et en innovation numérique seront observés : les prémisses d'une véritable culture numérique en devenir.

Publics ciblés

Via le téléphone portable, la formation sera à la portée des citoyens malgaches, sans distinction de sexe et localité. L'application a un accès libre et disponible sur Internet. Elle sera ouverte de manière transversale pour que toutes les tranches d'âges, les individus de cultures et d'origines sociales différentes puissent pratiquer l'apprentissage y compris certaines catégories de handicapés physiques.

- Pour les personnes en situation d'alphabétisation qui n'ont pas eu la chance d'être scolarisées. C'est leur premier apprentissage pour apprendre à lire, à écrire et à calculer. La formation les aide à se développer sur la compréhension des mots écrits, oraux et le calcul.
- Pour les personnes en situation d'illettrisme: Ceux qui ont peu fréquenté l'école et ont subi des échecs scolaires. Les connaissances acquises ne leur permettaient pas de lire et écrire correctement. La formation améliorera leur compétence en lecture et en écriture pour se construire et s'intégrer facilement dans leur vie quotidienne.
- Les professionnels : Les spécialistes du domaine peuvent utiliser l'application comme une ressource pédagogique pour la préparation de leur support de formation. Elle fait figure ici d'ingénierie innovante de formation pour l'enseignement grâce aux technologies de l'information et de la communication.

La grande partie de la formation est en ligne, cette option a pour but de satisfaire les citoyens qui habitent dans les zones enclavées et ont des difficultés de déplacement, mais qui ont une accessibilité aux réseaux téléphoniques. Des centres d'alphabétisation seront installés à proximité pour augmenter la fréquentation des apprenants.
L'éducation nationale vérifiera les effets positifs de cette nouvelle application. Ces nouvelles orientations dans l'enseignement de base et supérieur permettront à l'éducation nationale de constater l'amélioration des résultats scolaires.

Environnement et support technique de l'application

La formation se présente comme une application exécutable et open source en langue malgache. Ce qui permet aux bénéficiaires de récupérer le code source et de l'installer aisément

sur le matériel mobile qu'ils préfèrent. Le point fort de l'application réside dans la portabilité et la connectivité dont font preuve les appareils nomades, notamment le téléphone portable.
L'exploitation de la formation dépend de la disponibilité de l'application sur le téléphone portable. Dans ce cas, le ministère de l'éducation nationale et celui de la télécommunication numérique établissent ensemble une politique de large diffusion de l'application.
La modalité d'apprentissage s'adapte au principe de la formation à distance. C'est à dire, l'apprenant est au centre de son apprentissage. Dans ce cas, l'interaction et la collaboration entre les pairs et pairs-enseignants à travers les dispositifs multimédias vont jouer un rôle important pendant la durée de la formation. De ce fait, la motivation est un facteur à l'origine de la réussite de l'apprenant.

Le choix des supports de diffusion sert à choisir la manière permettant de médiatiser la formation. La médiatisation dépendra des contraintes, des ressources disponibles et aussi des objectifs pédagogiques. Compte-tenu de ces contraintes pour atteindre les objectifs, l'application sera exécutable sur des appareils mobiles en langage malgache (.apk). On choisira le langage de programmation léger pour que la configuration des appareils soit optimale. Nous utilisons les outils d'accès libre téléchargeable n'importe où et à n'importe moment, grâce à Internet. Pour assurer plus de diffusion et de duplication, nous gardons des copies sur des supports comme les CD-ROM et DVD.

XI.2 Structuration des contenus

Ce paragraphe étudie la structuration des informations pédagogiques. Il s'agit de l'extraction ou recueil des informations de base. Cette partie est intermédiaire, mais obligatoire pour obtenir une organisation modulaire du cours en cohérence avec les objectifs de la formation. Nous rappelons les objectifs, compétences visées et les spécifications des publics cibles avant d'entamer les points importants de la conception.

Les objectifs et les compétences visés par la formation

L'éducation pour tous signifie selon l'Unesco, le renforcement de la capacité du système éducatif pour inclure toute la population en âge de suivre l'enseignement de base et celle qui connaît des lacunes importantes dans son bagage scolaire, et de citoyen. Savoir lire, écrire et compter est insuffisant pour qualifier l'alphabétisation de nos jours. La valeur ajoutée que peut apporter cette application innovante sera la capacité de s'informer quotidiennement en tant que citoyen et contribuera à l'intégration sociale et professionnelle…

Cette formation vise à apprendre à lire, à écrire et à calculer en langue malgache. Mais une place prépondérante sera accordée à la lecture et "calculer autrement", pour avoir une base de connaissance mathématique élémentaire. L'objectif général est l'ensemble des objectifs spécifiques obtenus à partir des compétences visées à chaque fin d'unité d'enseignement (UE). La formation se divisera en trois unités d'enseignement qui seront les suivantes :

- UE1 : Apprendre à lire et à écrire
- UE2 : Compter et calculer autrement
- UE3 : S'approprier des comportements liés à une hygiène de vie.

Par la suite, nous présenterons à l'aide du tableau suivant les objectifs spécifiques selon les compétences visées pour chaque UE.

Tableau XI.1 : Les compétences visées en fonction des objectifs visés.

Module	**Objectifs spécifiques**	**Compétences visées**
Apprendre à lire et à écrire	S'assurer une bonne lecture et prononciation des mots, des syllabes, des attaques, des rimes. Écrire des mots, orthographe Explorer des textes	Capable de déchiffrer et reconnaitre la signification des mots Capable d'écrire seul les mots déjà connus Capables de comprendre le texte lu par autrui Capable d'interpréter /commenter des images
Calculer autrement	Réaliser des numérations et des opérations arithmétiques.	Capable d'effectuer des simples calculs sur l'addition, la soustraction, la multiplication et la division. Capable d'ordonner des chiffres par ordre de grandeur
S'approprier des comportements liés à une hygiène de vie	Construire du sens, entamer un mode d'expression et de communication, réussir une interaction entre un lecteur, un texte et un contexte.	Capable de maîtriser le sens/les avantages acquis de la compétence en lecture sur la vie courante

Les spécificités du public ciblé

Nous avons déjà présenté dans la première partie les caractéristiques du public visé. Après l'analyse des besoins, nous avons besoin de distinguer quelques caractéristiques des bénéficiaires qui suivront la formation :

- **Âge** : les jeunes et les adultes sont sollicités pour suivre la formation. Les deux premiers modules sont obligatoires pour avoir la compétence de base en développement humain. Par contre, le dernier module est facultatif, mais apporte une nouvelle manière de communiquer dans la communauté pour les personnes appelées à parler en société.
- **Genre (sexe)** : Aucune distinction de genre pour l'utilisation de l'application. Tous les citoyens, même les étrangers qui ont besoin d'apprendre la langue malgache, pourront s'en servir pour lire et écrire en langue malgache. Nous souhaitons avoir plus de participation des publics féminins.
- **Les handicapés** : La conception de la formation n'a pas encore considéré le cas des personnes handicapées. Le prochain travail de recherche améliorera l'application pour éviter toute discrimination.

Extraction et recueil des informations de bases

Les recueils d'information de base à la construction des contenus des compétences visées sont inspirés par le livre manuel « *Lala sy Noro* ». C'est un support pédagogique de base apparu en 1958 et conçu par un pédagogue malgache à l'époque. Depuis soixante ans, le ministère de l'éducation nationale recommande l'usage de ce livre. Nous tenons à préciser que les informations issues du Ministère de l'Éducation Nationale seront toutes prises en considération lors de la mise en place du contenu.

UE 1 « Apprendre à lire et à écrire » : extraction des informations sur l'apprentissage à écrire et à lire en langue malgache. Ce module portera sur l'identification des mots écrits (compréhension du principe alphabétique et du langage oral, déchiffrage) et la compréhension des textes. Les détails des informations seront disponibles dans le livre manuel « *Lala sy Noro* ». Nous considérerons également les résultats des recherches dans le domaine linguistique parus dans des documents scientifiques et publiés dans des revues reconnues de notoriété internationale.

UE 2 « Apprendre à compter autrement » : Extraction des informations sur la méthode d'apprentissage pédagogique en calcul en utilisant des opérations arithmétiques simples (addition, soustraction, multiplication et division, comparaison, arrangement, classement). Les informations de base qui permettent d'animer l'apprentissage du calcul, exemple : archives des différentes images plus ou moins liées à la réalité.

UE 3 « S'approprier des comportements liés à une hygiène de vie » : Extraction des informations concernant la lecture de perfectionnement et de communication. Les informations de base porteront sur la méthode de communication avec les dictionnaires en utilisant des expressions et du vocabulaire malgache.

XI.3 Élaboration du scénario pédagogique et les interfaces

Ce paragraphe met en œuvre les informations recueillies en proposant les interfaces multimédias en cohérence avec les compétences visées par chaque unité d'étude.

La conception des situations d'apprentissage

La conception des situations d'apprentissage est un élément clef dans le choix du design du système de formation multimédia. Il s'agit de la nature et des modalités de l'activité que l'apprenant sera amené à mettre en œuvre.

- Les activités : on a deux types d'activités à réaliser pendant un apprentissage : l'activité motrice et l'activité cognitive. L'activité motrice intègre les outils de communication pendant l'apprentissage. Avec les appareils nomades, la visualisation des supports, par exemple, s'organise autour de la manipulation des outils numériques de l'application (gestion tactile, etc.) et fait intervenir de nouvelles modalités d'interaction. L'activité cognitive assure l'obtention des objectifs terminaux de la formation. Par exemple, le fait d'utiliser une souris pour cliquer sur une des propositions associées à une question à choix multiples améliore la compétence de l'apprenant.
- Interaction pour avoir des informations : elle se réalise par un outil vocal et texto (texte écrit) disponible dans l'application. Les contenus sont diffusés aux apprenants à titre d'information, de rappel, de guide, etc. L'interaction de type sollicitée est définie par les besoins de chaque acteur et utilise l'outil de communication dédié au tutorat. Elle est un lieu d'échange entre les pairs et avec les enseignants. Et l'interaction de type feedback est le moyen de régulation/autorégulation à l'origine de l'autoformation qui nous oblige à nous adapter
- à la compréhension des apprenants. Les scores obtenus par les apprenants, les commentaires et les critiques de pairs vont orienter les besoins spécifiques d'accompagnement et d'encadrement des apprenants.

- Les activités d'apprentissage et d'enseignement sont basées sur le principe de « taxonomie de Bloom »[63]. Il y a des activités de sensibilisation au début, des activités de conceptualisation pour la compréhension, et des activités d'évaluation pour la reproduction ou le réinvestissement.

Ces concepts sont réalisés avec des outils de médiation et de médiatisation sur la plateforme : des contenus numérisés du manuel, de la reconnaissance vocale, de la reconnaissance écrite, un écran de travail, des jeux éducatifs.

Les scénarios d'encadrement

Le scénario d'encadrement précise le rôle des enseignants et les modalités des interventions destinées à soutenir le scénario d'apprentissage. La formation à distance se différencie de celle en présentiel par sa singularité.

On a deux modes d'interventions. Il s'agit de l'intervention proactive et l'intervention réactive. L'intervention proactive réagit auprès des groupes des apprenants, de dimension collective tout au long de la formation. Par contre, l'intervention réactive est en fonction des besoins des apprenants. L'intervention individuelle est à la demande de l'apprenant qui peut prendre la forme d'une aide. Les contenus des interventions induisent le type d'encadrement. À cet effet, on recommande aux apprenants et aux tuteurs d'utiliser les outils disponibles sur la plateforme. La nature des objets pédagogiques et les résultats attendus, les modalités d'organisation des groupes et les modalités de suivi sont en cohérence avec les spécifications des scénarios d'apprentissage. La nature désigne les types de conception, par exemple une base de données des images, etc. L'organisation du groupe pour qu'il y ait un équilibre entre les membres des groupes. Le suivi est centré sur la production. Il s'agit du tutorat coaching.

La conception des interfaces

L'interface offre un environnement pédagogique médiatisé. Elle assure la correspondance entre les activités d'apprentissage et les objectifs pédagogiques à atteindre. C'est la seule couche visible d'un environnement informatisé sur laquelle l'utilisateur peut s'appuyer pour entrer en interaction avec le matériel d'apprentissage. C'est pourquoi, sa conception est importante. L'interface n'est pas dédiée uniquement aux apprenants, mais également aux autres acteurs en pédagogie. Nous distinguons deux fonctionnalités différentes d'interfaces pédagogiques qui sont l'interface de navigation et l'interface de traitement cognitif. L'utilisabilité de l'interface est un critère important pour atteindre les objectifs pédagogiques.

[63] (Bloom, 1956)

Elle décrit l'efficacité d'usage de l'interface en général, notamment la facilité de la manipulation, la mémorisation et l'utilisation pendant la formation. Pour une formation de base, nous utilisons la façon de communiquer la plus fréquente « iconographique-visuel-audio » au début de la formation. Nous intégrons petit à petit « le texto ».

L'interface de navigation est le dispositif numérique qui sert aux acteurs pour réaliser les différents types d'interaction pédagogique. Il s'agit de la présentation des menus et des sous-menus, des images ou des photos, etc. L'organisation des éléments constitutifs de l'interface représente l'ergonomie de l'interface de navigation. L'interface de traitement cognitif est spécifiquement dédiée à l'apprentissage. Elle dépend du contexte des objectifs d'apprentissage. Par conséquent, les paramètres pédagogiques qui mènent à accomplir le phénomène de la transmission de connaissances doivent incarner l'interface cognitive tout en respectant les caractéristiques des bénéficiaires, par exemple l'espace d'échange...

XI.4 La conception des supports multimédias

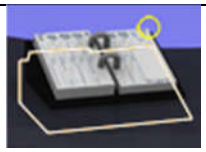
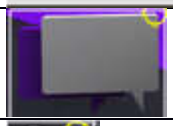
La conception des supports multimédias repose sur la médiation et la médiatisation pédagogique. Il s'agit de l'orchestration des composants techniques lors de la manipulation de l'application par chaque type d'utilisateur.

La description globale des moyens multimédias mis en œuvre

C'est la présentation graphique des outils multimédias qui sont mis à la disposition des apprenants pendant la formation. Une charte graphique, avec trois composantes importantes, a été établie pour choisir la métaphore visuelle. Nous avons décrit Tableau *XI.2* la liste des outils et les moyens multimédias accessibles pour ces modules, ainsi que les fonctionnalités de ces outils.

Tableau XI.2 : Les moyens multimédias.

Légende	Icônes	Description	Objectif pédagogique
Audio		Audio avec une option d'enregistreur relative au cours : consignes et guide	Apports informations pendant l'apprentissage pour les UE effectuées, une lecture
Vidéo		Vidéo relatif au cours : prononciation	Apport d'information sur la gesticulation

Légende	Icônes	Description	Objectif pédagogique
Agenda		Agenda du cours icono-scripto	Calendrier détaillé du cours pour les UE. Via, cet outil, les apprenants consultent les dates importantes.
Chat en groupe		Chat collectif avec icono-scripto	Interaction avec les pairs, rendez-vous avec le tuteur, lieu d'organisation entre les groupes, négociation entre tuteur et pairs pour les activités UE3
Chat privé		Chat privé scripto avec indicateur sonore à chaque message	Échanges entre les pairs ou tuteurs, lieu d'échange pour la proximité Renforcement de l'aspect social
Forum		Discussions guidées scripto	Débat entre les pairs pour réaliser l'activité UE3
Historique des chats		Historique des chats	Consultations des anciens échanges un outil de suivi des traces d'évolution du travail collaboratif ou individuel pour les tuteurs
Ressources documentaires		Dépôt des documents de ressources pédagogiques adéquates à la formation. Accès partagé pour tous les apprenants	Les apprenants récupèrent tous les documents pédagogiques dans cet endroit
Dépôt document		Dépôt de documents avec dépôts création fichiers et dossiers, insertion url, versionnage documents, commentaires	Activité UE1et UE3 : dépôt du cahier graphique avec les écritures et les commentaires Activité UE2 : dépôt du problème de calcul et la solution

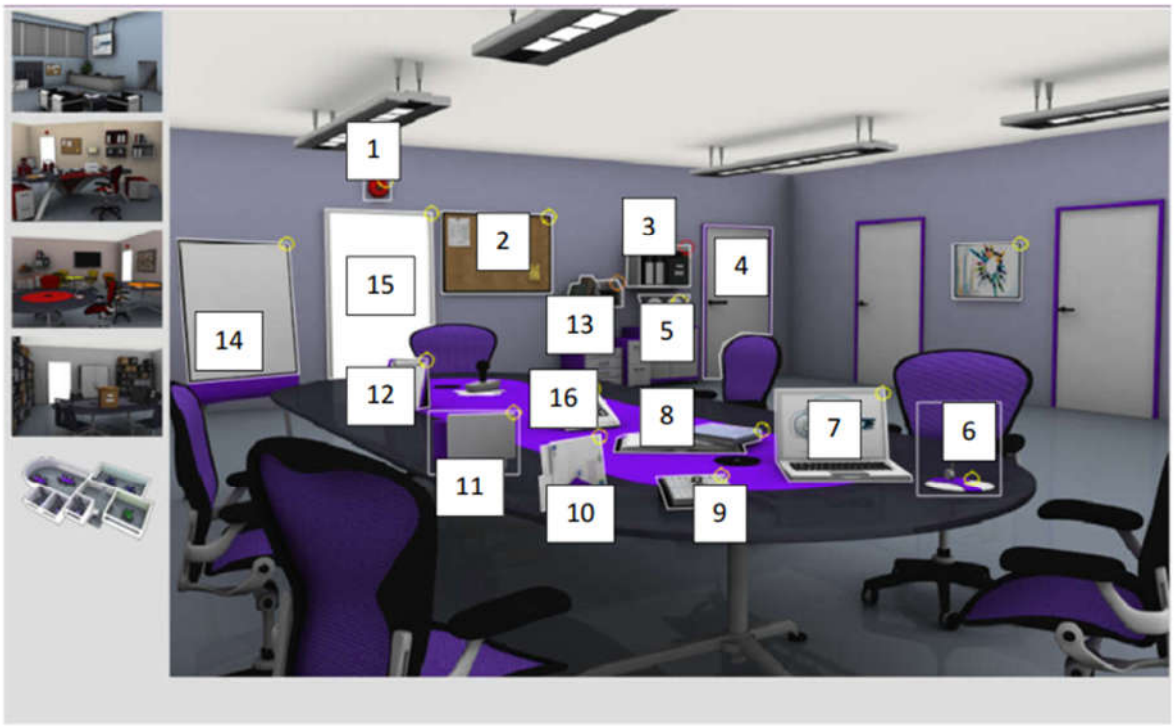
Légende	Icônes	Description	Objectif pédagogique
Notes sur les évaluations	00/20·……20/20¶	Système de note et évaluation sommative pour avoir un impact immédiat pendant la formation	Évaluation sous forme de feedback en même temps et de récompense dans le cas réussite (applaudissements)

La présentation de l'environnement graphique multimédia

La plateforme E-Space est mise en œuvre à l'Université de Cergy-Pontoise dès le mois de Janvier 2012 en collaboration avec l'université de Strasbourg et elle est utilisée pour l'enseignement à distance avec un nombre limité des apprenants. Elle est accessible à l'adresse http://espace.u-cergy.fr. Elle possède un environnement de travail particulièrement ergonomique et propose un mode de navigation aisé et très intuitif pour les apprenants plus avancés. Elle fait partie des « Learning Management System (LMS) » payantes expérimentées depuis quelques années. Chaque utilisateur a le droit d'accès sur la plateforme après authentification. Internet est la deuxième condition nécessaire pour l'accès à la plateforme.

La présentation *Tableau XI.3* ci-après la salle du séminaire donne accès aux éléments nécessaires au travail des groupes, listes des inscrits, documents partagés, consigne sur le module, etc.

.



1-Incident/ 2-Notes/Naoty 3-Documents partagé/hevitra ho any rehetra 4-Situation de problème/ olana 5-Historique/tantara 6-Chat écrit/resaka antsoratra 7-Cours/fampianarana 8-ressources pédagogiques/ foiben-kevitra	9-Agenda/rakitry ny ela, ankehitriny ary ny ho avy 10-Mail/hevitra ifanakalozana 11-Forum/firesahana 12-Les inscrits/ireo namana miara mianatra 13-Dépôt/apetraka 14-Consignes/baiko 15-Sortie/Mivoaka 16-Chat vocal/resaka antariby

Tableau XI.3 : La salle du séminaire.

XI.5 Étude comparative « Méthode Boscher » et « Lala sy Noro »

Méthode Boscher

Les contenus (pédagogiques)

Lettre, syllabe, mot, lettre, phrase, histoire, illustrations, la « méthode Boscher » ou « La journée des tout petits » utilise l'approche enfantine dans la campagne. Il possède 72 pages dont une page contient huit illustrations au moins. Les contenus sont des images pédagogiques pour apprendre à lire, à écrire et à compter ou déchiffrer jusqu'à 100.

La présentation

Une page contient une scène, des images, des lettres, des syllabes ou des phrases à étudier. Les images sont en couleur et représentent des objets familiers que les petits Français peuvent voir dans leur environnement. Il n'y a pas de charte graphique toutefois.

Il utilise une bande d'images complète pour représenter un scénario de la vie quotidienne sur l'entête de la page et les éléments de l'image constituent un outil pédagogique pour apprendre à lire et à écrire.

Dimension s : 16.8*22.8 cm
Format : Cartonné
Nombre de pages : 80 pages
Poids version papier : 230g

La méthode

La « Méthode Boscher » est une méthode syllabique, complète, n'éludant aucune difficulté. Elle présente, entre autres avantages, ceux d'apprendre vite à lire, « de renforcer la mémoire visuelle par l'attention accordée à chaque élément, des mots, et par conséquent, de donner à l'orthographe une base solide… » Une méthode complète pour apprendre à lire, à écrire et à compter.

Une démarche progressive en 4 étapes :

1. Une grande image à décrire pour repérer et dire à voix haute des mots avec la lettre étudiée ;
2. La lettre à reconnaître, puis des syllabes et des mots à déchiffrer, pour entrer en douceur dans la lecture ;
3. Des modèles pour s'entraîner à écrire la lettre, des syllabes puis des mots, en écriture cursive ;

4. Des activités progressives pour découvrir les quantités et se familiariser avec les quatre opérations.
5. Un **alphabet** récapitulatif des 3 écritures
6. Des premières notions **d'orthographe grammaticale**
7. Des histoires en fin d'ouvrage pour développer le **plaisir de lire**
8. Un livre de 19 pages, de guide d'accompagnement pour les parents

Lala sy Noro

Les contenus pédagogiques :

Syllabe, mot, lettre, phrase, compte, image pédagogiques, « Lala sy Noro » utilise l'approche sur les activités journalières de tous les membres de la famille. Il possède 56 pages dont une page contient deux illustrations au moins. Les contenus sont des images pédagogiques pour apprendre à lire et à écrire les vingt et une lettres de l'alphabet malgache.

La présentation

Une page contient quatre photos et deux lettres au minimum. La présentation est avec les couleurs du drapeau malgache. Il n'y a pas de norme d'impression. De ce fait, la présentation est parfois faible et non intuitive.

Dimension s : 16.8*22.8 cm
Format : Cartonné
Nombre de pages : 56 pages
Poids version papier : 230g

La méthode

Le livre « Lala sy Noro » est une méthode syllabique et complète. Après la lecture ensemble à haute voix, tour à tour chaque apprenant lit un mot.

Libellé	**Méthode Boscher**	**Lala sy Noro**
Présentation	Plusieurs images avec les couleurs proches de la réalité	4 couleurs, et peu d'images
Méthode pédagogique	Vie enfantine, apprendre à déchiffrer	Activités journalières de tous les membres de la famille
Les compétences acquises	À lire, à écrire, à déchiffrer	À lire et à écrire

En termes de contenus et présentation, la « Méthode Boscher » est plus riche en illustration et intuitive par rapport à « Lala sy Noro » avec les trois couleurs dominantes même si ces deux livres sont tous basiques pour apprendre à lire et à écrire la langue maternelle. La « méthode Boscher » est équipée d'un livre pour l'institutrice, ce qui n'est pas le cas pour le livre « Lala sy Noro ». Il est plus évolué et facile à comprendre par rapport à « Lala sy Noro » qui est simple par ses contenus, la méthode pédagogique et les kits pédagogiques.

XI.6 La technologie de l'information et de la communication en éducation (TICE)

Rappelons d'abord une définition des TIC par Basque proposée en 2005 : « *Les TIC renvoient à un ensemble de technologie fondée sur l'informatique, la microélectronique, les télécommunications (notamment les réseaux), le multimédia et l'audiovisuel, qui, lorsqu'elles sont combinées et interconnectées, permettent de rechercher, de stocker, de traiter et de transmettre des informations, sous forme de données de divers types (texte, son image fixe, images vidéo, etc.), et permettent l'interactivité entre des personnes, et entre des personnes et des machines. »* (Basque, 2005).

Il renvoie aux outils, aux méthodes, et aux procédés associés à l'utilisation de ces outils. L'apparition de l' « E » pour éducation/enseignement, montre que ces technologies imprègnent de plus en plus le secteur de l'enseignement et de la formation. D'après D. Peraya (2003), « *le domaine des technologies éducatives intègre aujourd'hui au sein des Sciences de l'Éducation l'héritage de la psychologie de l'apprentissage et de l'éducation, de la pédagogie et de l'audiovisuel, de l'éducation aux médias, de la technologie de l'enseignement, de l'informatique scolaire et du logiciel éducatif. Plus récemment, il s'est étendu aux environnements intégrés pour la gestion des enseignements médiatisés ainsi que des systèmes de formation entièrement ou partiellement à distance* ».

En somme, les TIC dynamisées par l'électronique sont donc un instrument utilisé pour alléger les contraintes de l'enseignement et/ou l'apprentissage.

Depuis les années 2000, l'école tentait d'exploiter les potentiels intrinsèques aux TIC et au numérique. La réussite de leur usage nécessite non seulement une maîtrise technique des outils informatiques tant de la part des apprenants que des enseignants, mais surtout un

renouvellement des pratiques professionnelles. Une nouvelle ère de l'éducation est en marche, qui se veut « i*nclusive, équitable et de qualité : L'enjeu est de promouvoir des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie pour tous* » : cette déclaration commune a été faite pendant la réunion du 19 au 22 mai 2015 à Incheon en République de Corée, à l'occasion du Forum mondial sur l'éducation, des institutions internationales (l'UNESCO, l'UNICEF, la Banque Mondiale, l'UNFPA, le PNUD, ONU Femmes et l'UNHCR). Et pour rentrer dans cette nouvelle ère de l'éducation pour tous tout au long de la vie, la Déclaration d'Incheon pour l'Éducation 2030, entérine que « *Les technologies de l'Information et de la Communication (TIC) doivent être mises à profit pour renforcer les systèmes éducatifs, la diffusion du savoir, l'accès à l'information, ainsi que l'efficacité et la qualité de l'apprentissage, et pour assurer une offre de services plus performante* (UNESCO, 2015) ».

XI.6.1 Les dispositifs numériques pédagogiques

Si les contenus constituent un des premiers éléments de l'enseignement, un concept caractérise ceux destinés à un dispositif numérique : l'Hypermédia.

L'hypermédia est simplement une extension du concept de l'hypertexte aux autres médias. L'hypertexte est un document ou un ensemble composite de documents stockés sur support informatique et contenant des liens pour passer d'un endroit du texte à un autre ou d'un document à un autre. Ces liens, appelés aussi hyperliens, permettent, dans l'hypermédia, d'étendre le concept au multimédia, c'est-à-dire d'associer dans une même production, des objets documentaires provenant de diverses sources. Dans le domaine des TICE, il consiste à mettre en relation les documents de travail et les éléments des bases de données textes, sons, images fixes et vidéo.

Au niveau des équipements, les Web 2.0 et 3.0 ont fait évoluer les matériels informatiques et surtout audiovisuels pour les rendre communicants et accessibles à distance. Ainsi même le vidéoprojecteur intègre aujourd'hui une liaison sans fil pour un accès à distance et partagé. Des équipements spécifiques ont fait aussi leur apparition comme le tableau blanc interactif.

Ces nouvelles formes de documentations et ces nouveaux équipements interconnectés et surtout interopérables, font des établissements d'enseignement de véritables campus numériques. Les campus numériques peuvent conduire à de nouvelles hiérarchies et de

nouvelles compositions dans l'organisation et le fonctionnement des établissements. Avec le numérique, les modalités de transfert de connaissances subissent une immense transformation.

Les campus numériques, les plateformes en ligne, les tuteurs intelligents, les appareils nomades, les ordinateurs portables sont des outils numériques qui pourront servir aussi à l'apprentissage de nouveaux contenus.

Le problème qui se posera sera celui d'une utilisation intelligente des Technologies de l'Information et de la Communication, et les bonnes pratiques basées sur des fondamentaux solides.

XI.6.2 La formation ouverte et à distance

Commençons par revenir sur la définition de la Formation Ouverte à Distance (FOAD). Pour reprendre la définition proposée par le Collectif de (Chasseneuil, 2001) dans une conférence de consensus réunissant plusieurs organisations:

« *Une formation Ouverte et à Distance est un dispositif organisé, finalisé, reconnu comme tel par les acteurs qui prend en compte la singularité des personnes dans leurs dimensions individuelle et collective et repose sur des situations d'apprentissage complémentaires et plurielles en termes de temps, de lieux, de médiations pédagogiques humaines et technologiques, et de ressources* (Chasseneuil, 2001)».

Ce dispositif est en grandeur réel et n'est pas forcément entièrement à distance. Il est alors, si l'on en croit un pédagogue comme Daniel Peraya, un outil technique intelligent, capable de recréer les compétences d'un pédagogue rationnel en présence :

« *Une instance, un lieu social d'interaction et de coopération possédant ses intentions, son fonctionnement matériel et symbolique enfin, ses modes d'interaction propres. L'économie du dispositif – son fonctionnement- déterminée par les intentions, s'appuie sur des moyens matériels, technologiques, symboliques et rationnels qui modélisent les comportements et les conduites sociales (affectives et relationnelles), cognitives, communicatives des sujets* » (Peraya, 1999).

Enseigner à distance, c'est en effet enseigner en différé : les contenus d'enseignement, les exercices, les consignes de travail ne peuvent être transmis à l'apprenant que par l'intermédiaire de moyens d'information et de communication et en asynchrone. C'est donc enseigner à travers la médiation de supports de communication et surtout par procuration

(Akam, 2012). La télématique devient la technologie centrale de ce type d'enseignement à la fois médié et médiatisé.

Ainsi, la plateforme de FOAD rassemble les équipements et les contenus avec les caractéristiques de l'enseignement. Pour l'utilisateur, elle prend la forme d'un ensemble d'applications ou de logiciels intégrés qui assistent la conduite des enseignements et des apprentissages à distance. Ce type de bureau informatique regroupe les outils nécessaires aux principaux utilisateurs (l'enseignant, l'étudiant et l'administrateur technique du système) et a pour finalité non seulement la consultation à distance de contenus pédagogiques, mais aussi l'individualisation de l'apprentissage et le télé-tutorat.

À l'heure du numérique, Power souligne (Power, 2002) que la formation à distance a "*franchi le seuil de sa quatrième génération grâce aux multiples possibilités qu'offre le WEB."* La Figure XI.1, ci-dessous, retrace l'historique de la formation à distance du point de vue des technologies utilisées (Hotte et Leroux, 2003) et illustre les diverses phases de la formation à distance jusqu'à l'ère des technologies de l'information et de la communication.

La ligne supérieure marque le passage du pluri-média individuel (PMI) au multimédia (MM), toujours en mode individuel et local. La ligne inférieure indique l'évolution de la formation à distance vers la formation en ligne en passant du pluri-média collectif (PMC) à des multimédias distribués d'apprentissage (Internet).

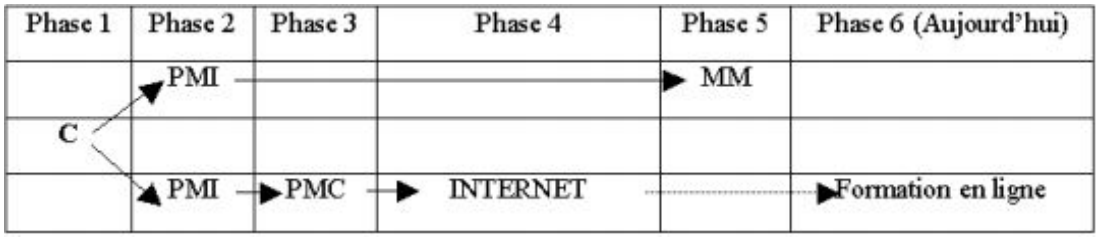


Figure XI.1: Historique de la formation à distance au point de vue des technologies utilisées (Hotte et Leroux, 2003).

La phase 1 est celle de l'enseignement par correspondance (C). La phase 2 se caractérise par l'utilisation de plusieurs médias individuels (PMI), d'où le terme pluri-média pour les désigner, et par l'encadrement individuel des étudiants assistés par le téléphone et le courrier postal. Les phases 3 et 4 constituent la troisième génération de la classification de Power (2002) et correspondent à l'introduction de la communication assistée par ordinateur dans la formation

à distance (PMC) et à l'usage d'hypermédia en réseaux (Internet) pour la diffusion des contenus. À la phase 3, on retrouve davantage les pluri-médias collectifs (PMC) formés, d'une part de matériel de contenu et d'apprentissage en plusieurs formats que l'étudiant reçoit par courrier postal et d'autre part, à l'arrivée de l'ordinateur personnel à la maison. La communication assistée par ordinateur, nommée, dans le contexte éducatif, "télématique pédagogique" s'est imposée. Elle est définie comme l'association de l'informatique et des télécommunications dans l'offre d'un ensemble de services rendus disponibles par un réseau de communication et accessibles par des ordinateurs et des personnes localisées à des points éloignés. À la phase 4, on introduit les hypermédias accessibles sur les réseaux par l'intermédiaire d'Internet, ce qui a permis de concevoir et de développer des environnements interactifs d'apprentissage distribués alliant information et communication (INTERNET). La quatrième génération correspond aux phases 5 et 6. On y trouve l'usage intensif du multimédia (MM), soient des formations qui intègrent les divers formats sur un seul support (l'interopérabilité). La phase 6 se caractérise par la formation en ligne qui est vite devenue un carrefour où se rencontre l'université et l'entreprise depuis 2003 (Hotte et Leroux, 2003).

A partir de 2003, avec les technologies qu'apporte Internet, les plateformes numériques éducatives sont considérées comme qualitatives et compétitives lorsqu'elles réunissent les caractéristiques suivantes : la capacité à gérer les activités pédagogiques, les débits de communication optimaux, l'autonomie par rapport aux autres logiciels particuliers et l'éditeur de la plateforme (Ecoutin, 2003).

Le support numérique remplace les autres supports. Tous les documents de travail autour desquels s'articulent les scénarii pédagogiques sont téléchargeables sous la forme de fichiers PDF reprenant parfois le format des polycopiés traditionnels.

Le début de l'ère informatique dans le milieu scolaire date des années 80. Nous pouvons constater que l'avancée technologique de l'apprentissage fait appel à un dispositif de plus en plus moderne et sophistiqué. Mais cela garantit-il l'avancée d'un apprentissage de qualité ?

Il existe plusieurs freins et leviers qui accompagnent le développement des dispositifs d'apprentissage en ligne, au niveau des acteurs : apprenants, enseignants, entreprises MOOC, ainsi qu'au niveau de leur reconnaissance académique.

Il existe deux géants internationaux de la formation à distance et en ligne : Udacity et Coursera. Nicolas Oliveri[64] décrit ce qui fait leur hégémonie tant au niveau du niveau des

[64] *Ibid.*

inscrits, que du contenu des plateformes numériques éducatives ou MOOC[65] (sciences formelles : intelligence artificielle, programmation informatique, physique.)

Aux États-Unis et en Angleterre, les enquêtes sur les résultats des MOOC sont négatives. Un budget de 500 millions de dollars aux USA avec APPLE a été annulé en 2014, information discrètement relayée par le café pédagogique, association de promotion du numérique éducatif en France.

Depuis 2015, plus de 53 MOOC français[66] et francophones développés par les Universités et les grandes écoles ont vu le jour (MOOC en philosophie, géographie, histoire, santé, environnement, droit management et entrepreneuriat, et pédagogie du numérique). Les plateformes éducatives ou MOOC, dans le monde anglo-saxon, se développent davantage qu'en France, car l'expérience et les compétences de l'étudiant, leur polyvalence sont privilégiées sur le marché du travail.

Nicolas Oliveri présente les quatre dispositifs de MOOC existants, mais aussi les quatre modèles de business modèles sur lesquels ils reposent en décrivant leurs limites :

- 5 % des apprenants inscrits à un MOOC le fréquentent jusqu'à son terme. Un tiers de Français ignore ce qu'est un MOOC.
- Les small private online classes (SPOC), petits cours privés privilégiés en ligne répondraient à un double objectif : augmenter le taux de complétion, et être rentable pour le propriétaire de la plate-forme. Cependant, il reste à définir un format commercial et éditorial reconnu tenant compte des contraintes juridiques de légitimité.
- Les COOC (corporate online open courses) seront à destination des professionnels et des grands groupes dans un format propre à asseoir leur réseau.
- Les MIMO ou mini MOOC auront une durée maximale de 20 minutes pour éviter les abandons.

En France, la culture des vertus du diplôme reste bien ancrée. Cependant, même si le développement des MOOC y est moins spectaculaire, il s'appuie sur des bases institutionnelles solides. Devant l'engouement et le nombre d'inscrits grandissant, une plateforme d'un groupement d'intérêt public appelée « Fun MOOC » a vu le jour à l'été 2015

Catherine Monget [67] fait état de deux enquêtes qui ont eu lieu en France, respectivement en mai 2014 et en mai 2015. L'engouement pour les utilisateurs de MOOC est évident : les

[65] Massive, Open, Online, Courses.
[66] Fun Mooc depuis 2015.
[67]

apprenants auront l'occasion de mettre en pratique, ce qu'ils ont appris et sont prêts à s'inscrire à un nouveau MOOC. Parmi eux, il y a une majorité d'actifs (60 %) et 12 % d'étudiants.

Plusieurs facteurs participeraient au développement des MOOC du côté de l'apprenant : le degré de motivation d'un apprenant, le niveau de compétences de base du logiciel d'apprentissage, mais aussi le niveau de formation de l'encadrant. À cela, il faut rajouter le degré d'équipement des apprenants en matériel informatique et le développement du réseau internet, selon le territoire géographique qui participe au succès des plateformes.

L'utilisation des fonctionnalités des appareils numériques serait limitée par les digitales natives, car ils les utilisent presque exclusivement dans un cadre ludique. Les élèves n'en connaissent pas toujours les dangers. Les élèves français perdent des places chaque année dans le rapport PISA (programme for international student assessment) mené par l'OCDE vérifiant l'acquisition des compétences et des savoirs des jeunes de moins de 15 ans et plus. Les banlieues dites sensibles en France entraîneraient des résultats à la baisse. « *Pour les élèves en difficultés, les actions proactives de l'adulte ont plus d'effets que l'enseignement numérique à lui seul. L'identification de l'élève à l'enseignant et au groupe d'élève compte, car ce sont des hommes et des femmes en devenir* »[68].

Les MOOC selon Catherine Mongenet sont à la fois du e-learning, qui s'enrichit grâce aux activités sur les forums, sur les wikis et cette grâce au web 2.0. L'enseignant accomplit un effort pédagogique conséquent et de grande qualité. C'est aussi le résultat d'un travail collectif d'une équipe autour de ce professeur, qui rassemble des ingénieurs pédagogiques, spécialistes de l'audiovisuel, comme dans le « community management ».

Du côté des enseignants, la réticence proviendrait de plusieurs facteurs : renoncer à la pédagogie du tout face à face, les avancées constantes techniques des équipements et des logiciels qui dépassent les compétences de leurs utilisateurs. Un enseignant en présentiel coûte moins cher. Généraliser l'apprentissage par le numérique à distance coûte cher, mais devient intéressant, dès lors que le nombre d'apprenants est plus nombreux à s'inscrire à l'enseignement à distance.

Dans l'enseignement supérieur, le taux de réussite à un MOOC est faible, ce qui nécessiterait davantage d'encadrement. La faible interactivité entre professeurs et apprenants semble limitée à quelques commentaires, et est liée en partie à la barrière de la langue.

[68] Daniel Moati, enseignant -chercheur HDR, Université de Nice Sophia-Antipolis.

Les critères d'évaluation sont aussi discutables, car bien souvent, cela se résume à indiquer le nombre d'erreurs, et non le pourquoi. Une méthode d'évaluation basée sur le raisonnement clinique proposerait à l'apprenant plusieurs solutions à hiérarchiser. En ce qui concerne l'évaluation, les MOOC sont davantage un moyen de formation et d'entraînement que de certification de compétences. Le système de notation réalisé de façon automatique a ses limites. Une double notation s'avère la plus objective[69].

Sur la plateforme FUN, des dispositifs de certification validant le travail fourni et les compétences acquises ont été déployés début 2016. Il est possible de valider deux crédits European crédits transfer system « ECTS », dans le cadre du cursus universitaire des étudiants, pour valider une partie de leur diplôme.

Au point de vue conceptuel, les MOOC s'apparentent davantage à de l'autoformation, de l'autodidaxie et, avec leur accès libre aux contenus, ils s'intègrent dans le mouvement des ressources éducatives libres. Dans leur généralité les MOOC organisent un cours sur un sujet précis, sur une période déterminée de quelques semaines, dont les ressources sont typiquement une vidéo scénarisée de courte durée (moins de 10 minutes) des lectures, des QCM d'autoévaluation et des exercices corrigés automatiquement ou par les pairs et, plus rarement, des projets collectifs.

Dans le cadre d'une recherche d'EIAH, les MOOC sont classés selon des dispositifs qui correspondent à des réalités éducatives différentes (Rosselle, 2013). En 2017, il y aurait sept dimensions[70] de caractérisation systémique, dans le cadre d'ingénierie pédagogique, au sens des approches d'enseignement et d'apprentissage mises en œuvre dans les dispositifs numériques en question (Giulia et al, 2017). Actuellement, le MOOC éducatif est prescrit au niveau supérieur. L'amélioration sur le fonctionnement des universités serait réelle avec l'usage généralisé des MOOC. Ces derniers sont d'autant plus utiles qu'ils viennent en complément d'autres actions éducatives (Pierre Landry, 2015). Cela pourrait résoudre le problème de nombre de places limité en présentiel en formation traditionnelle, car les infrastructures ne suffisent pas à accueillir correctement un nombre toujours plus grand d'étudiants. Les MOOC pourraient représenter une alternative transitoire pour les étudiants les plus motivés de pays émergents, en termes de ressources pédagogiques pour les autres types d'utilisateurs. Des méga-universités accueillant plus de 100 000 étudiants pourraient voir le jour et seraient une solution pour l'université de demain, du moins pour les pays en développement (Peraya, 2014). En

[69] (Mathieu Cisel, 2016)

[70] Les sept dimensions de caractérisation systémique : la temporalité, les objectifs d'apprentissage, la collaboration entre pairs, les parcours d'apprentissage, l'activité d'apprentissage, le tutorat et l'évaluation ou la certification

complément des infrastructures, les MOOC deviennent des dispositifs de plus en plus utilisés selon l'OCDE.

Tableau XI.4 : dispositifs numériques d'apprentissage et certifications.

	Durée	**Statut**	**Sanction**
FOAD	12 mois au moins	Droit d'inscription	Diplôme
MOOC	4 semaines au moins et 6 semaines au plus	Droit d'examen	Certificat
Campus numérique	Accès libre	Droit membre	Carte membre
« αβGasy@mobile »	Accès libre	Débit Internet	Attestation

XI.6.3 Les jeux pédagogiques

Les « serious games » (jeux sérieux) ou « learning games » sont des jeux utilisés en éducation. « *Les jeux sérieux sont des applications de simulation/formation qui utilisent les dernières technologies issues du monde du jeu vidéo et de la réalité virtuelle »* (Sanchez et al., 2011). Il s'agit de l'articulation de la dimension ludique avec les préoccupations relatives à l'apprentissage.

Les jeux épistémiques numériques pervasifs ou JENP ont pour but d'associer les caractéristiques des « j*eux épistémiques numériques », en particulier les situations d'apprentissage ludiques conduisant l'apprenant à résoudre des problèmes complexes et non déterministes. Les technologies « pervasives » associent la réalité mixte et la réalité alternée, en vue de concevoir des situations d'apprentissage authentiques (Loup et al., 2015).* Selon les auteurs, le JENP est basé sur le transfert de connaissances par l'intermédiaire de nouvelles interactions pour la construction, sur un univers persistant, sur le tuteur et sur l'utilisation de périphériques déjà intégrés au contexte d'usage. Ils caractérisent les interactions authentiques et les interactions pour une meilleure construction des connaissances. Les interactions authentiques sont structurées par les interactions avec le système (interaction tactile, vocale, tangible …), les interactions en contexte (informations contextualisées, mobilité de l'apprenant, intégration d'éléments de l'environnement dans le jeu) et les interactions avec les autres apprenants (partage d'objets, utilisation d'espaces communs et d'espaces personnels connectés, édition collaborative de documents…). Et les interactions pour une meilleure construction des connaissances se sont construites à partir de l'interface qui a pour vocation de proposer un réalisme et une complexité en adéquation avec les interactions proposées et les capacités de l'apprenant.

Chapitre XII. Prototype de la métamorphose du manuel vers le numérique

Si le numérique a déjà envahi et radicalement transformé notre société du 21e siècle, le nouveau modèle d'apprentissage basé sur les technologies digitales est un nouveau challenge pour l'apprentissage traditionnel et cette métamorphose de notre style d'apprentissage est sans doute irréversible. Des plateformes numériques se multiplient et s'ajustent aux besoins nombreux des acteurs de l'enseignement. C'est pourquoi l'enseignement classique devra s'adapter à la révolution numérique.

Ce chapitre s'intéresse à la métamorphose d'un manuel en papier vers un support numérique. L'objectif est de détailler les étapes de cette transformation dans le cadre d'un apprentissage ou d'une action pédagogique modernisés. Mobilisant la méta-analyse, cette partie regroupe un grand nombre d'études et de données expérimentales afin d'en combiner et d'en analyser les résultats, offrant ainsi un portrait aussi pertinent et précis que possible de cette métamorphose.

Nous trouverons dans cette partie, les étapes qui ont conduit à la métamorphose d'un manuel papier pédagogique en manuel pédagogique numérique. Notre étude se concentre sur un manuel pour le niveau de base ou élémentaire. Les principes d'architecture restent cependant les mêmes que pour tout type de manuel : les contenus et objectifs pédagogiques seront adaptés selon le profil des apprenants : élèves ou étudiants.

XII.1 Un outil présentiel vers un outil numérique

Un outil présentiel peut prendre plusieurs formes selon la méthode pédagogique de l'enseignant. Par exemple, l'utilisation du papier feutre pour apprendre le vocabulaire illustré par des images prises en direct, puis imprimées. Nous avons choisi un manuel d'apprentissage de la lecture en malgache qui est utilisé comme support pédagogique de base et reste encore utilisé au niveau moyenne section aux écoles primaires privées et publiques. Quelques années plus tard, différents livres de même type que « *Lala sy Noro* » plus volumineux et avec des contenus plus riches existaient. Il s'agit de « *Andeha hianatra izahay* », « *Niry sy Nary* »…. Notre choix est déjà justifié dans la partie « étude de cas », mais chacun de ces livres peut aussi se transformer en numérique en suivant les concepts de transformation d'un manuel papier en manuel numérique avec les principes que nous proposons (Razanakolona et al., 2019).

L'objectif n'est pas de transformer tout simplement ce manuel pédagogique en support numérique, mais aussi d'y associer des méthodes pédagogiques à distance. Grâce au numérique,

les transformations auront l'avantage d'être intuitives et faciliteront la transmission des connaissances. Nous nous servirons des pratiques numériques des apprenants les plus opérantes pour maintenir chez eux, un bon niveau de motivation. Techniquement, il faudra tenir compte des paramètres de conception de la plateforme, et concevoir les outils numériques les plus conformes pour faciliter l'apprentissage. L'ergonomie de l'application conçue a les paramètres requis pour s'adapter au niveau de compétences des utilisateurs (Razanakolona. et al. 2019).

Un dispositif médiatisé en ligne n'est pas la simple projection virtuelle d'un espace présentiel remis ainsi à disposition, mais une réorganisation des paramètres qui l'identifient (Bourdet, 2005, 2006). Ainsi, la numérisation du contenu d'un cours n'a pas pour seule conséquence de le rendre consultable, mais d'en modifier aussi les modes d'accès. En l'occurrence, elle modifie en profondeur les fonctions pédagogiques. Pour assurer un apprentissage conforme et efficace, la conversion du manuel papier en manuel numérique utilise l'étude théorique que nous avions entreprise en 2019 (Razanokolona, 2019). Le déroulement logique de la séquence pédagogique du dispositif devrait faciliter l'apprentissage et permettre l'atteinte des objectifs de la formation.

.

Les concepts de la transformation

Dans le domaine de l'apprentissage d'un contenu pédagogique, les changements d'un manuel papier vers un manuel numérique respectent les caractéristiques d'acquisition du numérique. La figure 9 ci-dessous, propose et détaille les correspondances entre le modèle d'apprentissage traditionnel et le modèle d'apprentissage contemporain. La phase 1 correspond au concept de la mise en place du principe de la réutilisation. Il s'agit de la transcription du contenu du livre manuel en contenu numérique. La phase 2 assure la cohérence entre les outils numériques du scénario pédagogique à réaliser et les profils de publics cibles. Elle adopte les mêmes principes que la pédagogie à distance. Pour la phase 3, c'est la conception de l'environnement numérique intuitif pour un environnement éducatif propre à une école. Cette phase est importante, car elle ajoute au fur et à mesure les apprenants à cette nouvelle école virtuelle. La phase 4 assure l'interactivité. Cette interactivité peut être individuelle ou collective permettant une collaboration entre les acteurs de l'enseignement. C'est la conception des dispositifs de suivi de l'apprentissage. La cinquième et la dernière phase sont l'évaluation de l'enseignement. Elle comprend ainsi la gestion de la formation depuis le début jusqu'à la certification des apprenants.

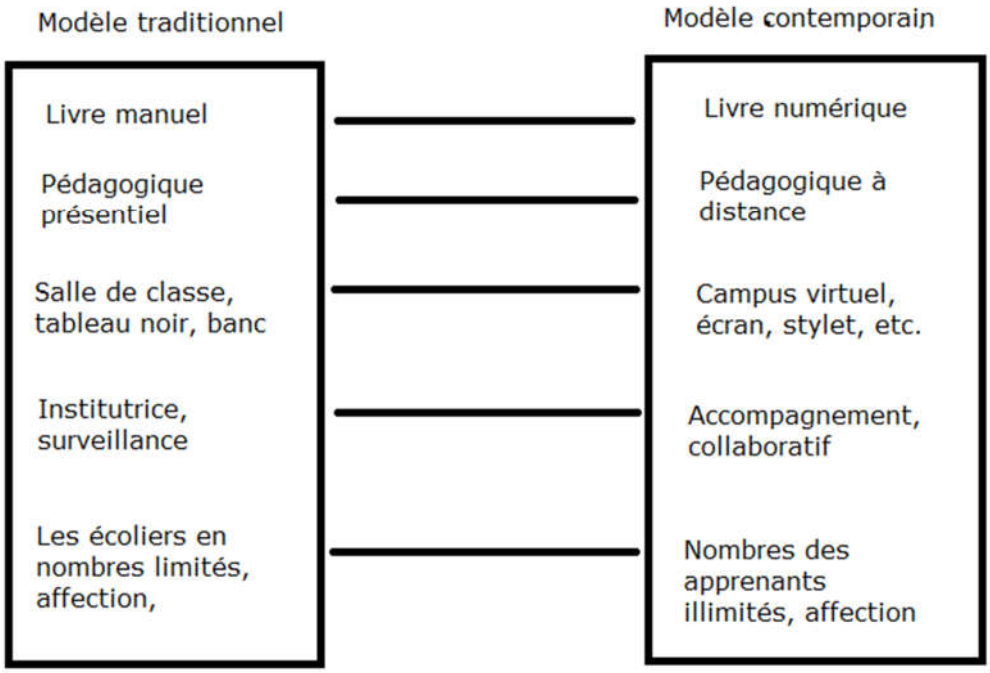


Figure XII.1: les cinq phases de basculement d'un manuel papier vers un manuel numérique.

Dans le paragraphe suivant, nous décrivons les mécanismes de conception de ces principes/caractéristiques/ tout en nous centrant sur la place de la relation apprenant-dispositif. Le support informatique permet la mise en œuvre d'une pédagogie asynchrone ou la gestion de temps (l'interaction entre enseignants et apprenants est différée dans le temps), d'une pédagogie de la distance où la gestion géographique est restreinte (enseignants et apprenants sont séparés dans l'espace) ou d'une pédagogie d'auto-formation où la gestion de l'action/activité est individualisée (les apprenants travaillent seuls à partir de supports préparés par les enseignants). Notre recherche repose sur la mise en œuvre de ces cinq phases à éprouver pour un basculement en manuel numérique. Selon la spécificité de l'enseignement, nous confrontons les résultats d'analyse avec la théorie des supports numériques et la théorie des contenus numériques pendant l'étude de la transformation.

XII.1.1 Théorie du support numérique

Le support numérique n'est pas simplement un support physique et visuel. Il est aussi un outil sémiotique, permettant de mémoriser et de restituer de l'information moyennant un calcul ; c'est également un outil de contrôle, qui permet de représenter une information par le biais d'un algorithme de programmation en informatique. Une approche de la conception des supports numériques pédagogiques doit donc s'attacher à comprendre en quoi cette nouvelle

modalité de représentation de l'information est pertinente dans son cadre et comment elle peut être mise en œuvre (Crozat, 2002). Cet algorithme gère l'espace-temps. Pour exemple, la qualité de l'écran dépend de la taille et de la résolution de l'image qui va contribuer au rendu du contenu global en respectant la propriété mobilité. La fluidité de l'affichage aura un impact au premier contact de l'apprenant avec l'application et aussi sur toute la formation. Tandis que cette fluidité est gérée par les ressources physiques que sont la mémoire interne, le système d'exploitation, la fluidité de la connexion le cas échéant et la gestion de l'affichage, des terminaux électroniques pour recevoir les contenus sont développés depuis les années 1980 tels l'écran CRT, l'écran des ordinateurs portables, la télévision, le smartphone ou la tablette. Depuis une dizaine d'années, la gestion des affichages ou agencements des menus a recours à la technologie mobile[71]. L'apprenant utilise quotidiennement et machinalement des appareils mobiles avec ces agencements. La réalisation des activités pédagogiques exige un espace d'affichage suffisant, en l'occurrence celui de l'écran. Les plateformes destinées aux développements des applications mobiles, notamment les applications tournant sous le système Android, offrent différents modules de programmation en informatique pour ce type de fonctions. Pour exemple, la plateforme/le framework « ionic », que nous avons utilisé pour le développement de l'application, intègre les packages « routing modul[72] » et « responsive » pour gérer l'adaptation de l'affichage avec un écran de téléphone portable ou autre type d'écran. Une standardisation des paramètres est nécessaire pour que l'affichage soit adapté à tout type d'écran. Selon la taxonomie de l'informatique ambiante facile à utiliser, les caractéristiques de ce système informatique telles que l'attractivité de l'IHM, la fidélité dans la représentation, la capacité à transmettre de l'information, bénéficient aux contenus des informations à mettre à la disposition de l'utilisateur (Pousman, 2006 ; (Balme, 2008)).

Les autres caractéristiques de cette taxonomie permettent d'optimiser notre application d'apprentissage numérique. Il s'agit de la limitation du nombre de caractères et la dimension visuelle des affichages : la circulation des textes, la perception à l'œil nu des couleurs, la résolution des images, la gestion de la surface, le format de l'écran, l'espace disponible. Il s'agit aussi du rôle des facteurs techniques du terminal : puissance des processeurs, gestion des interfaces d'images numériques, la colorisation et les modifications des écrans, l'ajout de nouvelles fonctionnalités avec les développements du système d'exploitation, etc. Tous les

[71] La technologie mobile est basée par handover. Handover ou un transfert intercellulaire est un mécanisme fondamental dans les communications mobiles cellulaires.
[72] Caractéristiques du « routing module» à mentionner.

paramètres nécessaires à l'affichage des objets et aux activités d'écriture/lecture doivent être optimisés.

L'usage d'un support didactique numérique tient compte des règles d'action qui entrent en jeu dans la construction et l'adaptation des schèmes de la conceptualisation (Dumont et al. 2009). Le passage d'un support à un autre implique de nouvelles postures, de nouvelles stratégies de lecture et de nouveaux modes d'apprentissage. Ainsi, la conception des interfaces peut avoir d'importantes conséquences sur la posture de l'utilisateur et sur sa réactivité. La conception de cette interface est plus pertinente lorsque la solution de l'interface homme-machine (IHM) est retenue avec les fonctionnalités de communication cohérentes à l'usage.

Cette étude théorique sur le support numérique en pédagogie nous a permis d'étudier les configurations physiques de l'application « αβGasy@mobile ». L'étude se fait à deux niveaux : concernant la présentation de l'application sur le téléphone lui-même d'une part et l'infrastructure numérique au niveau national d'autre part. La théorie du support numérique est alors basée sur l'interface qui permet aux apprenants de visualiser, d'articuler, de manipuler correctement les contenus à apprendre et les informations. L'Interface Homme-Machine est la frontière entre l'homme et la machine. Elle mérite alors une étude approfondie pour éviter tout mauvais comportement (le rejet de la part de l'utilisateur, la frustration, l'anxiété) face à la machine utilisée. Ceci nous oblige à étudier les types d'IHM à concevoir sur le téléphone portable pour les apprenants faible en alphabétisation.

XII.1.2 Théorie des contenus numériques

À l'origine, les contenus sont consultables dans les livres, journaux, revues, affiches, tracts, gravures, …et sont ensuite numérisés dans un fichier informatique ou par la transposition électronique d'un support matériel. Les contenus numériques sont des documents de différentes natures et des données ou informations se présentent sous différents formats tels que html, wav, jpeg, etc. Nous nous intéressons au mode manipulatoire et non à la sémantique. La théorie des contenus numériques repose sur leurs gestions : il s'agit de la méthode de mise à jour (base de données sur les objets pédagogiques), le principe de la réutilisation pour alimenter le système (pour écrire les mots « **ala » et « la »,** il faut réutiliser les mots a et l.), le mode d'accès. Nous pouvons considérer l'ingénierie documentaire en favorisant les parties techniques telles que l'indexation des documents pour optimiser les requêtes, la structuration des documents. Dans ce type de transformation qui fait partie des perspectives du travail de recherche, notre objectif général consistera à structurer les données, optimiser les potentialités manipulatoires, et choisir les représentations les plus adaptées aux contextes d'usage.

Règles de présentation

Cependant, les web mobiles risquent de s'adapter au web classique. Ils ont la version mobile de web 2.0. Les applications web mobiles résolvent les problèmes de compatibilité entre les navigateurs, le développement et débogage très difficile au vu de l'hétérogénéité des langages, les interfaces graphiques avec le web. Le Web sémantique consiste à ajouter des informations cachées destinées à utiliser des applications et des robots de moteurs de recherche, entre autres. Ces informations sont généralement présentées sous le format du Web sémantique, le RDF[73] qui est basé sur le langage XML[74]. Le Web 3.0 est symbolisé par le Web sémantique tandis que le web 2.0 par le réseau social et le web de données par le 1.0.

Le web actuel est un trésor immense de connaissances et d'informations pour l'histoire humaine. Le web sémantique hérite de ce trésor des connaissances, mais permet également à des machines d'accéder à ce trésor et de l'exploiter. Le web sémantique est donc une extension du web de données et des réseaux sociaux. Les entreprises et les responsables profitent de cette particularité du Web 3.0 afin de gérer les informations et aussi de prendre les décisions au bon moment. La performance du web sémantique dépend de la disponibilité des données manipulées. Et c'est une des raisons de l'existence du « cloud », un système qui permet le stockage de données massives ou « Data science ». Nous serons attentives au stockage des données, nous évaluerons les phases de mise en service et de la prise en main de l'application par l'intermédiaire du service offert par Google. En 2016, le nombre d'utilisateurs du web 2.0 est de l'ordre de quelques billions contre plusieurs trillions pour le web 3.0. L'évolution de la technologie grâce aux coûts des services offerts a induit des changements au niveau des chiffres et des symboles. La couleur verte indique les symboles de chaque événement, les styles au-dessous de la ligne diagonale sont des applications générées par les langages de programmations formels listés au-dessus. Au niveau du « semantic web », nous avons le langage RDF sérialisé par le langage XML, AJAX un langage à partir de la combinaison des langages JavaScript et XML. Les interfaces doivent présenter les propriétés suivantes :

- Interface Homme-Machine qui minimise la durée d'apprentissage et le niveau de compétences requis ; interface multimodale, WIMP
- Interface Homme-Machine qui garantit un bon degré de fiabilité lors des interactions ;
- Interface Homme-Machine qui favorise la standardisation ;

Les miniatures sont la spécificité des appareils nomades : les modes de manipulation doivent s'adapter à cette présentation. De même, les tailles des applications et les informations doivent garantir la cohérence avec les conditions des technologies mobiles. Sur la suite de notre

[73] Resource Description Framework.
[74] eXtensible Markup Language

document, les conceptions des différentes phases se basent sur les technologies mobiles afin de développer leur usage par le citoyen détenteur d'un téléphone mobile.

XII.2 Le passage du support manuel au support numérique

Pour représenter des applications d'écriture et de lecture, le modèle emblématique du manuel papier « *Lala Sy noro* » constitue la principale référence. Le contenu du manuel comprend des images fixes, des lettres, des mots et des phrases. Ces derniers forment les éléments de base du nouveau support numérique. Ces présentations numériques sont obtenues à partir des retraitements du contenu du livre. Il s'agit donc de la transformation de ce support papier en contenus revisités qui doivent apparaître sur un écran numérique.

La transformation des contenus se fait à partir des traitements d'images. Des logiciels informatiques dédiés aux traitements d'image sont utilisés pour présenter numériquement les images, les lettres, les mots, les titres, les récits. L'ensemble des contenus sur le support papier est présenté sur un support numérique à travers les langages de programmations informatiques (Typescripte). Cette transformation est basée sur une ergonomie proche de celle que propose le livre consulté par l'élève. Ceci nécessite de bien étudier les tailles et la résolution des images, plutôt l'adaptation des représentations selon les spécificités de l'écran. Ainsi, le basculement du support-papier en support numérique se produit à travers des outils numériques qui ont la capacité d'afficher les contenus. L'écran ordinateur, l'écran téléphone portable et l'écran tablette font partie de ces outils numériques.

Les bases de transformation sont inspirées par le (*Tableau XI.1*) qui comporte (cf. Annexe I p., un extrait de présentation des deux pages du livre *Lala sy Noro*) les contenus du livre papier et leurs correspondances en version numérique (sur la troisième colonne). Une page du livre mesure 20 cm de longueur et 15 cm de largeur, le papier de couleur beige est fabriqué à Madagascar. Les couleurs d'impression s'atténuent avec le temps. Chaque page est illustrée par deux images au minimum, comme indiqué à la Figure XI.2. Le livre, lui, contient 58 pages. Sur les dix dernières pages, figurent des récits et des légendes malgaches pour enseigner les rituels et les expressions malagasy.

Tableau XI.1 : les conditions matérielles pour favoriser la captation de l'usager.

Manuel	**Conditions informatiques**	**Numérique**	**Apports du numérique**
Papier	Gestion de ressources matérielles (mémoire,	Écran	Non encombrant, intuitif, personnalisé,

Manuel	Conditions informatiques	Numérique	Apports du numérique
	gestion d'espace, flux/vitesse d'échange)		
Texto	À configurer par défaut au départ et personnaliser en fonction de la compétence acquise	Texto	Variétés des polices, besoins satisfaits en styles,
Image fixe	Résolution écran, proche de la réalité,	Image fixe, image animée	Réduction de la distance (sensation de proximité)
Illustration fixe	Qualité optimale aux ressources matérielles disponibles	Illustration fixe, illustration animée	Découverte des nouveautés, enrichir les contenus,
Autre illustration	Image et photo d'illustration	Image et photo réelle	Variété des informations de base

La première ligne sur le Tableau XI.*1* en page 216 se transforme en écran. La ligne entière indique les informations nécessaires à la transformation d'une page du livre papier vers un écran d'apprentissage. Le rôle principal de l'écran est d'afficher des contenus. Il est évident alors que la qualité de l'affichage dépend des caractéristiques physiques de l'écran.

La deuxième ligne du Tableau XI.*1*, en page 216 présente les formes d'extraits du texte du livre papier et la version numérique qui en découlera. Avec le numérique, nous aurions pu utiliser les 54 styles de caractères, mais nous avons opté pour les caractères d'imprimerie et d'écriture cursive pour être plus proche de la version « livre papier » originale. Cette liste de caractères est disponible par défaut dans le langage de programmation.

Les deux lignes suivantes du Tableau XI.*1* désignent les informations nécessaires pour la transformation des contenus images du livre papier vers les contenus images numériques. Ils regroupent les images fixes citées dans le livre et les illustrations utiles à la progression de l'apprentissage de la lecture par les apprenants. Dans la version papier, les images et les textes utilisent deux couleurs, rouge et vert qui sont identiques aux deux couleurs du drapeau malgache. Ces couleurs sont respectées au démarrage de l'application dans le but de susciter la familiarisation de l'apprenant avec l'application comme avec le livre et mélangées progressivement avec d'autres couleurs de présentation. L'option sur la lecture à haute voix avec évaluation automatique doit être activée. La prononciation et la lecture à haute voix de chaque lettre, chaque mot et chaque phrase avec leur enregistrement sont des étapes obligatoires pour compléter les contenus numériques du nouveau système. Ces formats de contenu remplacent la lecture par et avec l'institutrice dans la classe.

La transformation des éléments du contenu de la première colonne n'est pas radicale. Le support de présentation et le mode d'utilisation ou la mobilité ont subi cette transformation. Dans notre cas, ces données ou ces informations prédéfinies sont stockées dans un endroit bien défini dans l'application et seront enrichies par des images ou photos d'illustration stockées dans un autre endroit que celui de ces données fournies par le livre.

La flexibilité d'usage et la qualité du résultat sont les avantages du numérique dans le cadre de l'apprentissage. À l'ère du numérique, nous pouvons accéder à l'information où que nous soyons. La base de données est le système qui gère le regroupement des informations. Ce système remplit les fonctions de stockage, d'accès, de traitement, et permet ainsi la « réutilisation » des informations déjà stockées. Notre rôle est de concevoir un système de base de données rassemblant les contenus du livre « *Lala sy Noro* ». La conception de notre base de données doit être dans le cadre des objets de l'enseignement. La conception d'un système de base de données en éducation ou pour l'enseignement se rapproche de celle d'un système des bases de données sur les objets non pédagogiques, mais nous avons vu par ailleurs que les objets pédagogiques ont aussi leurs propres métadonnées, le « Learning Object Metadata » ou « LOM ». Il est inspiré par le stockage, le référencement et la réutilisation des objets pédagogiques (Caron, 2007). Depuis lors, différents profils d'application basés sur ce standard ont vu le jour. On a défini ce profil d'application à partir des 80 éléments qui sont répartis sur les 9 catégories[75] objets pédagogiques de LOM (Christine Michel et al. 2003), (Jarraud, 2004), (Ben Henda, 2015), et le nombre d'éléments varie d'un profil d'application à l'autre. Le schéma conceptuel metadata du LOM, qui se trouve en Annexe III, est basé sur ces catégories. Carron a émis quelques réserves portant sur la définition d'un objet pédagogique : la pédagogie qu'elle implique, l'absence de prise en compte des activités induites, le paradigme « Share » et les différents profils de standard. Par contre, le LOM permet l'indexation efficace des objets pédagogiques. Avant la description des objets pédagogiques, « Sharable Content Object Reference Meta data » ou « SCORM » était une autre référence pour le modèle de réutilisation et de partage des contenus pédagogiques. Il n'est pas conçu pour gérer entièrement les objets pédagogiques, mais seulement pour renforcer ces deux propriétés qui caractérisent le principe de la formation utilisant une plateforme d'apprentissage numérique. Le SCORM proposé par le consortium « Advanced Distributed Learning » ou « ADL », est un modèle visant à standardiser l'indexation et le partage des contenus pédagogiques utilisés en e-learning. Il regroupe lui-même différentes normes qui visent à garantir aux plateformes les critères à savoir :

[75] 1-Généralités, 2-Cycle de vie, 3-Méta-métadonnées, 4-Technique, 5-Pedagogique, 6-Droits, 7-Relation, 8-Annotation, 9-Classification.

- l'accessibilité : possibilité de localiser et d'accéder à des contenus d'apprentissage depuis un site distant et les diffuser vers d'autres sites.

- l'adaptabilité : possibilité d'adapter l'usage des contenus à des besoins individuels ou collectifs.

- la durabilité : continuité de l'utilisation des contenus indépendamment des changements technologiques.

En résumé, SCORM complète le standard LOM en proposant un modèle d'agrégation des différents types de composants nécessaires à la mise en place d'une solution de formation à partir d'éléments réutilisables. Il intègre les propositions émanant des organismes IMS, AICC, ARIADNE et IEEE-LTSC pour les formations dispensées sur le Web (Pernin, 2003), et un environnement d'exécution permettant de surveiller l'activité d'un apprenant depuis un LMS. C'est un modèle de référence pour les contenus à partager.

« Les objets pédagogiques peuvent être, par exemple, des transparents, des notes de cours, des pages web, des logiciels de simulation, des programmes d'enseignement, des objectifs pédagogiques… » (Bourda et al., 2000) (Christine Michele et al., 2003). Ces objets pédagogiques sont des supports matériels ou non, mais accompagnés des contenus pédagogiques contrairement à ceux que nous devons structurer dans un système de base de données. Nous devons arranger les contenus élémentaires du livre manuel pour que les requêtes, et le mode manipulatoire, soient optimisés. Une des définitions les plus couramment citées pour les objets d'apprentissage provient de « l'Institute of Electrical and Electronics Engineers » qui définit les objets d'apprentissage comme « *any entity, digital or non-digital, which can be used, re-used or referenced during technology supported learnin*g » (IEEE LTSC6, 2001)[76]. De nombreux dépôts d'objets d'apprentissage respectant la norme internationale ont été disponibles à partir de 2005. Le site Thot référençait 52 dépôts proposant des millions d'objets (Thot, Caron, 2007). L'objet d'apprentissage correspond aux composants élémentaires à utiliser pour établir de nouveaux éléments pédagogiques pour l'apprentissage.

Si on se réfère à la définition de Pernin et au dépôt des objets d'apprentissage cité par Caron[77], notre contenu de manuel correspond à un objet d'apprentissage. Les textes et les images indépendantes les unes des autres forment les composants élémentaires pour réaliser un apprentissage basique. Ces objets d'apprentissage obtenus sont plus qu'originaux et s'élèvent au (nombre de 218). Ils seront ajoutés par des nouvelles images traitées et prises avec des

[76] Learning Technology Standards Committee of the Institute of Electrical and Electronics Engineers sous-comité 6

[77] (Perrin, cité par Caron, 2007)

appareils numériques de haute qualité pour une amélioration au fur et à mesure du développement de l'application. Ainsi, un bon niveau de granularité des images sera obtenu. Après la transformation du support original en numérique, nous devons apporter des caractéristiques de l'innovation en information pour le nouveau support. Par exemple pour apprendre la lettre « a », les trois images (Figure XI.2 A) ne suffisent pas pour imaginer la lettre à apprendre et surtout pour les nouvelles générations qui veulent utiliser tout de suite l'application. Alors nous valorisons le retraitement d'image qui est le point clé de la transformation des contenus du manuel vers les contenus numériques. Vu la qualité des images originales, Inkscape et Adobe Photoshop sont les logiciels de traitement d'image utilisés tout au long de la conception pour la transformation des contenus du livre. Ces deux outils ont leur propre spécificité lors du traitement d'image et l'ensemble de leurs potentialités nous sert à obtenir les qualités d'images attendues.

À l'ère du numérique, l'application avec les contenus du livre impacte la perception des contenus pédagogiques à utiliser tout au long de l'apprentissage. Nous devons améliorer la présentation traditionnelle et la mélanger avec celle de la présentation contemporaine. Quelques conditions sont prises en compte lors de la prise des photos réelles et leur association pendant l'apprentissage. Elles sont régies par les règles de gestion suivantes :

- Règle 1 : Les photos sélectionnées sont en rapport avec la lettre à apprendre (application de la règle autoapprentissage).
- Règle 2 : L'affichage des nouvelles images est ordonné après le passage de l'ancienne image (mesure d'accompagnement sur l'orientation de l'apprenant).
- Règle 3 : Chaque image ne s'affiche pas plus de 3 fois pendant l'apprentissage (propriété de l'ergonomie IHM).

Ces règles sont prises et sélectionnées suivant les études théoriques en ergonomie IHM et l'environnement.

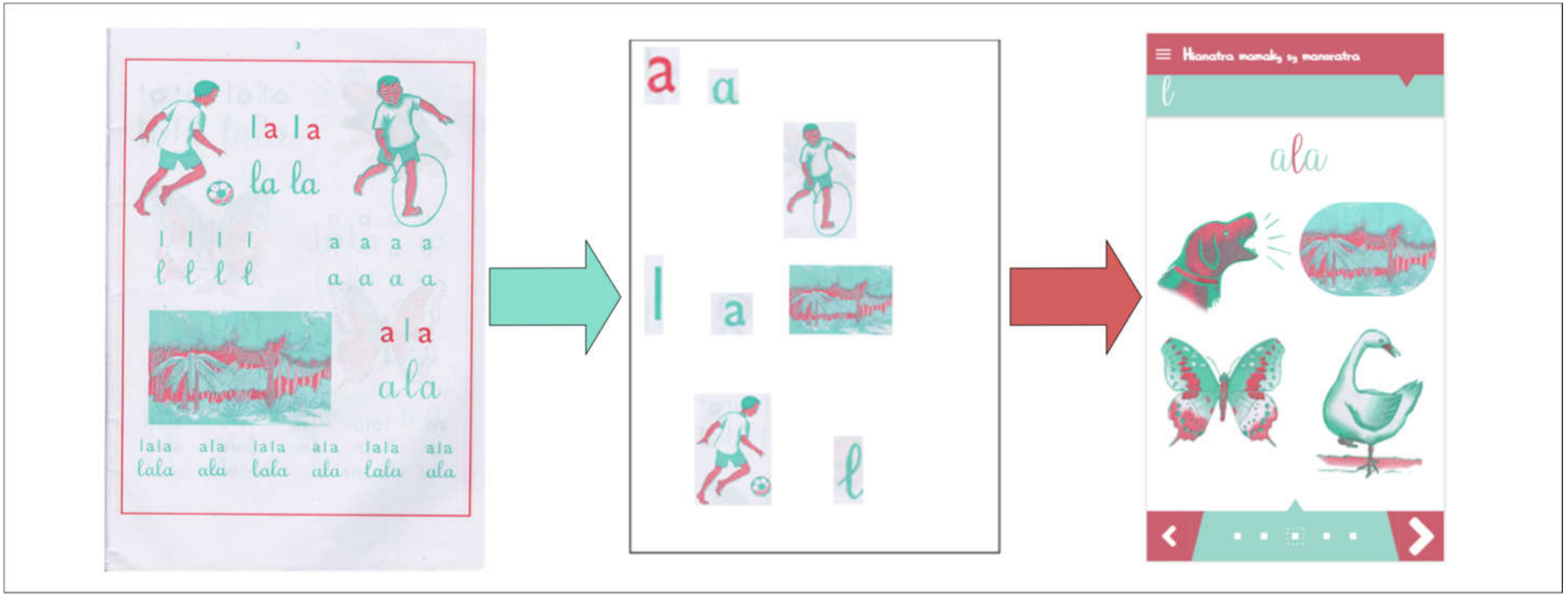


Figure XI.2: À : Présentation version papier. *B : Présentation version numérique.* *C : Présentation sur écran mobile*

La mobilité en informatique exige une mise en valeur de la connectivité : assurer des modes d'accès aux contenus d'une façon permanente et assurer également une disponibilité permanente de ces contenus. Le problème de la distance est réduit en promouvant cette caractéristique de connectivité. Du point de vue conception, l'infrastructure du réseau informatique, notamment le débit et la configuration du réseau local est une des conditions incontournables. La taille de l'image est aussi un autre facteur à considérer pour que l'accès aux contenus via l'internet soit performant. La position de l'image sur l'écran dans notre future application, tend à se conformer à l'imagerie proportionnelle de ces terminaux locaux.

Les propriétés des contenus :

La réutilisation des données ou des informations d'un système de base de données fait partie de la discipline des sciences informatiques. La communauté des chercheurs en innovation pédagogique propose différents modes de réutilisation. Dans le cadre de notre étude, nous travaillons ici sur la réutilisation des composants pédagogiques appelés « les objets d'apprentissage ». Notre tâche est double par rapport à un éditeur numérique habituel : créer une base de données des contenus du livre papier « *Lala sy Noro* », et y associer les scénarios ou les séquences pédagogiques. Les systèmes de base de données pédagogiques habituels ne font qu'indexer des documents et des séquences ou scénarios pédagogiques. LOM et SCORM sont des normes inspirées du modèle behavioriste et cognitiviste. Les caractéristiques des normes internationales sur la gestion des ressources pédagogiques sont exposées aux paragraphes précédents. Par rapport à ces concepts, le socle du nouveau dispositif numérique inspiré par le livre papier « *Lala sy Noro* » repose sur le modèle du diagramme de classe UML de ce livre (*Figure XII.3*) qui ne contient qu'une quinzaine éléments d'enregistrement contre 80 éléments dans celui de LOM. Nous décrivons dans le paragraphe suivant la structure de ce modèle avec les caractéristiques de ces éléments.

XII.2.1 La structure base de données

La meilleure façon de concevoir une base de données passe par une étude du cycle de vie de l'application. Le cycle de vie d'une application se limite au besoin du client qui évolue et change avec le temps. Les méthodes Agiles répondent à ce type de pratique dans le développement du logiciel. Elles impliquent au maximum le demandeur et permettent une grande réactivité à ses demandes. La « refactoring » ou remaniement du code permet la conception tout au long du projet et assure la gestion du changement. Le remaniement du code améliore régulièrement la qualité du code sans en modifier le comportement. Pour le

développement de l'application, le système objet pédagogique est conçu pour être à réutiliser tout au long de l'opérationnalisation.

Réfactoring Système « objet pédagogique »

Notre objet pédagogique : Au niveau de l'enseignement de base, les ressources sont élémentaires et les méthodes pédagogiques pourront être différentes selon le modèle choisi. L'objet est constitué par les contenus de base du livre « *Lala sy Noro* » et sera complété par les lexiques de base en malgache illustrés avec les photos. Les contenus ne resteront pas avec ces vocabulaires de base, mais s'enrichiront avec les contenus des textes, des phrases, des paragraphes avec leur sens. Ces derniers objets peuvent être représentés par des documents de différents formats (txt, mp4, gif, jpeg par exemple).

Pour la base de l'application, ces vocabulaires élémentaires sont adaptés au besoin des individus qui suivent la formation pour apprendre à lire, à écrire et à calculer. À un certain niveau de compétence, ces ressources seront annexées par les alphabètes, et ces derniers utiliseront les récits, les légendes, les journaux malgaches, le réseau social Facebook et les différents supports de communication pour la pratique de nouvelles compétences acquises. Et à un niveau supérieur, les apprenants suivront des formations en réponse à leurs activités. Par rapport à la norme ISO de la base de données en apprentissage, LOM est un modèle de métadonnées qui se trouve à un haut niveau de modélisation par rapport à notre modèle de données.

Le standard des systèmes de base de données relationnelles est le « Structured Query Language » ou SQL.

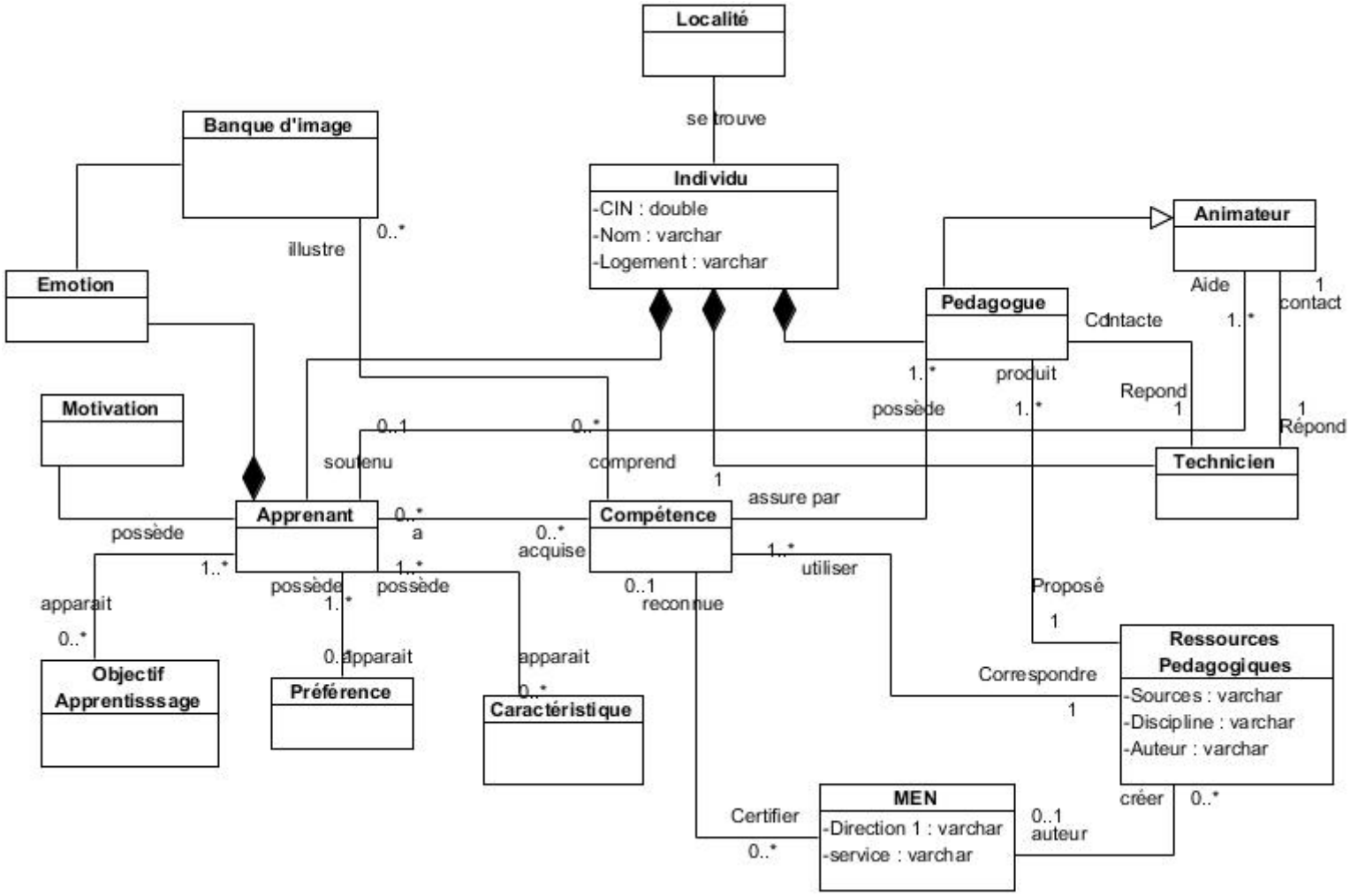


Figure XII.3 Diagramme de classe UML de la base de données

Le modèle de la base de données :
Le diagramme de classe UML. *Figure XII.3* est le modèle de base de données de notre application. Chaque entité est énumérée à partir des informations élémentaires nécessaires au traitement des informations. Les détails sont disponibles en annexe.

XII.2.2 Extension des données

L'expression « Ressources Educatives Libres » ou « REL » a été créée et adoptée la première fois en 2002 lors du forum organisé à Paris par l'UNESCO[78]. Il constitue une ressource d'apprentissage, de soutien pour les enseignants pour assurer un enseignement et des pratiques éducatives de qualité. Les REL sont « des matériels d'enseignement, d'apprentissage et de recherche adaptés à tout support, numérique ou autre, existants dans le domaine public. Ils sont publiés sous une licence ouverte permettant l'accès, l'utilisation, l'adaptation et la redistribution gratuite par d'autres éditeurs numériques, sans restriction ou avec des restrictions limitées. Les licences ouvertes sont fondées dans le cadre existant du droit à la propriété intellectuelle, telles que le définissent les conventions internationales concernées, afin de respecter la paternité de l'œuvre. » (Source : Forum de l'UNESCO, 2002). Ce Forum a divulgué l'opportunité stratégique de ce nouvel outil qui a pour but d'améliorer la qualité de l'éducation, faciliter le dialogue politique et partager les connaissances et le renforcement des compétences des futurs utilisateurs. Les 5R qualités du REL sont « Reuse, Revise, Remix, Re-Distribute et Retain » ou Réutiliser (utiliser aussi souvent que nécessaire), Réviser (adapter, modifier, traduire remise à niveau), Remixer (combiner du contenu existant et ajouter un nouveau), Redistribuer (partager) et Retenir (télécharger et sauvegarder).

La définition et la structure de REL contribue à la mise en place des liens sur les ressources pédagogiques en ligne via une plateforme CMS[79] (*Figure XII.4*). Chaque niveau de compétence peut créer ses propres ressources pédagogiques et l'ensemble peut se réunir dans une structure banque de données. Le CMS ici est une plateforme en langue malgache et pourra relier les ressources pédagogiques en langue malgache. La production des ressources pédagogiques en langue malgache est encore rare en ce moment voire inexistante. Avec la francisation de la langue d'enseignement, la littérature malgache se réduit à un usage restreint. Le Ministère de l'Éducation nationale a diffusé les livrets d'écoliers sur le site officiel et sur la page officielle Facebook pendant la crise sanitaire, mais la version scannée ne sera pas à la portée des écoliers. Il est accessible pour les maîtres (à condition qu'ils aient les compétences

[78] UNESCO.
[79] CMS :Content Management System ou Système de Gestion (partagée) des Contenus

numériques). En l'occurrence, la méthode de transformation du support papier en numérique n'est pas adaptée aux utilisateurs potentiels.

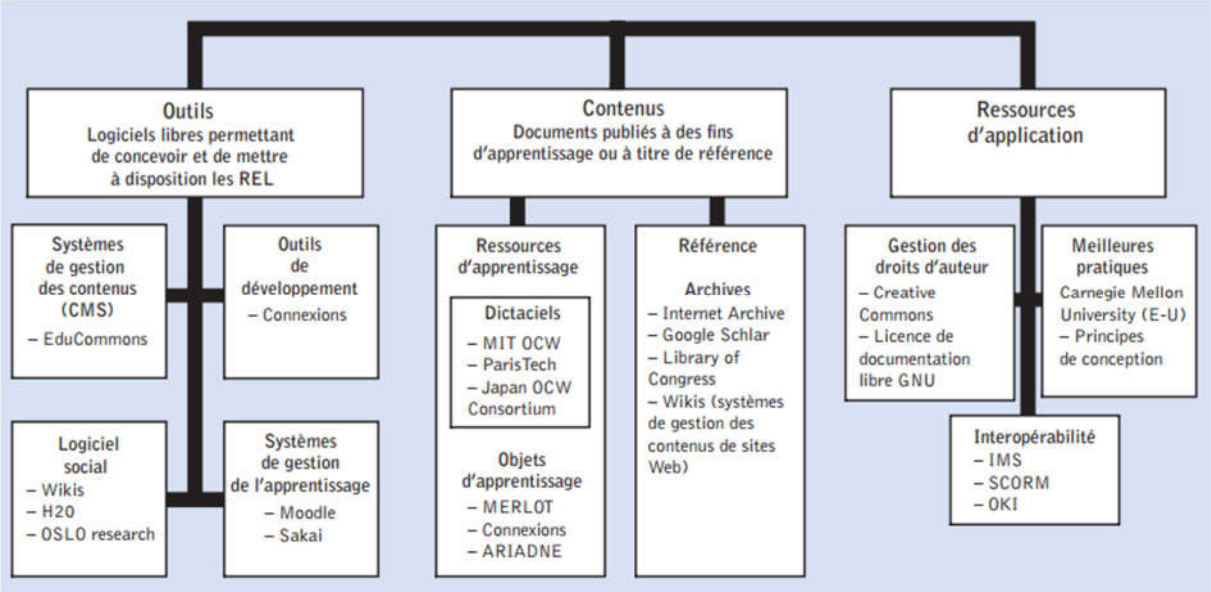


Figure XII.4: Ressources Educatives Libres - Schéma conceptuel (OCDE 2007*)*.

Le REL n'est pas difficile à concevoir. Il y a des classifications par des mots clés pour la description, rang taxinomique, objectif, source, taxon, identifiant et entrée. Il s'agit d'utiliser les designs pédagogiques originaux s'appuyant sur les modes d'expression différents pour enrichir les curriculums actuels. La base de données est structurée selon les règles du système documentaire numérique ou le principe de l'indexation bibliographique.

En revanche, notre application utilise un système de base de données en vue d'intégrer la propriété de réutilisation. Cette base de données est constituée par des éléments basiques de l'information en concordance avec les objectifs de la formation. Ses éléments constitutifs sont ceux du livre « *Lala sy Noro* » en y ajoutant des photos prises sur terrain. Notamment, nous avons, 21 lettres, des mots, des figures et des photos additionnelles à modéliser. La modélisation fonctionnelle a recours à un scénario pédagogique directement inspiré du livre. Malgré leur caractère statique, nous savons que ces données élémentaires seront perpétuellement mises à jour en raison des innovations en matière de technologies de l'information et de la communication.

XII.3 De La pédagogie présentielle vers la pédagogie numérique

Cette phase est le cœur de la réussite de la transformation. L'atteinte des objectifs de la formation dépend définitivement des outils mis à la disposition des acteurs de l'enseignement

pour réaliser leur tâche pédagogique. Ce paragraphe dédié au passage de la pédagogie présentielle à la pédagogie numérique justifie l'étude du choix et de l'usage des outils numériques pour une telle pédagogie opérationnelle. Ce passage est dicté par la médiation pédagogique mise en place, destinée à la fois à l'enseignant et à l'apprenant (émetteur et récepteur). Nous étudions ces usages pour qu'ils deviennent un instrument au service d'une activité pédagogique.

En 1995, Rabardel a défini l'instrument comme une entité mixte, composée à la fois de l'artefact et des schèmes d'utilisation de cet artefact. Nous nous appuyons sur cette définition lors de la conception des artefacts pour le nouveau dispositif pédagogique. Ce nouveau dispositif est construit à partir de la théorie d'apprentissage « constructiviste ». Cette théorie s'adapte à la transformation fondée sur un livre pour la pédagogie présentielle vers une pédagogie à distance et numérique. La conception des outils numériques dépend des concepts du manuel, des spécificités des bénéficiaires, des conditions d'apprentissage ainsi que des environnements informatiques existants. Une alternative vers un autre choix de théories d'apprentissage est possible au fur et à mesure de l'offre de la formation.

Étudier les concepts des artefacts revient à étudier la médiation pédagogique dans cette phase. Les outils pédagogiques utilisés correspondent à la médiation pédagogique. Par conséquent, il est question de passage de la médiation présentielle vers la médiation numérique. Pour l'application d'apprentissage de la langue écrite et orale « *Lala sy Noro* », les outils numériques de la transformation en un manuel numérique sont décrits dans les *Tableau XII.2*

Avant d'expliquer la signification des contenus du tableau de transformation, jetons un regard optimiste sur les problèmes fréquents lors du passage d'une pédagogie présentielle vers une pédagogie numérique et à distance. "La motivation et les relations avec les acteurs du dispositif ont influencé la persévérance de l'apprenant à terminer la formation à distance[80] (Dussarps, 2014). Terminer la formation ne dépend donc pas que du soin apporté à la conception du dispositif et de la fluidification des accès. Nous allons essayer de nous intéresser maintenant aux autres difficultés rencontrées dans l'usage des dispositifs de la formation à distance afin de suggérer des solutions techniques. Les facteurs techniques de ces freins cités par Dussarps sont déjà annoncés par (Tricot et al. 2003). Ils proposaient des solutions concernant la méthode de conception. Il s'agit de concevoir un dispositif qui facilitera et rendra plus efficace l'activité mentale des apprenants. Cette méthode de conception est basée sur la

[80] Une formation assisté par les ordinateurs et le numérique

compréhension des différents aspects de leurs activités d'apprentissage et d'utilisation du dispositif, pour favoriser la mise en œuvre de ces activités. Par ailleurs, une réingénierie des fonctions des plateformes d'apprentissage a été étudiée par Lamago, en 2017, préoccupé par l'adaptation de ces plateformes avec la fracture numérique.

Ces constats laissent entendre que la plateforme est le pilier de la réalisation des activités pédagogiques pour ne pas dire le responsable de leur succès.

Nous ne sommes pas des pédagogues avec les compétences à prédéfinir des activités pédagogiques, mais nous avons l'obligation de leur offrir des outils qui leur permettent de réaliser ces activités. Et nous adoptons nous-mêmes le principe de la pédagogie en ligne pour l'application « αβGasy@mobile »**.**

En raison des conditions évolutives que connaîtra l'environnement numérique, nous pouvons nous appuyer sur le recours au "constructivisme" de Piaget pour sa théorie de l'apprentissage. Les outils numériques proposés offrent alors la possibilité théorique d'accomplir des activités pédagogiques appropriées telles que le préconise la démarche constructiviste de Piaget.

Les outils transformés numériquement proposés dans le *Tableau XI.1* et le *Tableau XII.2* ressemblent à ceux utilisés pour réaliser les exercices en présentiel avec leur correspondance avec le numérique. Pour donner sens aux outils listés dans ces tableaux, nous établissons le diagramme d'activité réalisé pendant l'expérimentation « αβGasy@mobile » pour apprendre à lire et à écrire la lettre « a ». Quelques outils sont utilisés. Notre exemple n'est pas exhaustif et certainement modifiable selon le souhait du pédagogue.

Le *Tableau XII.2* destinée aux ressources à mettre à la disposition des apprenants pendant l'apprentissage propose des outils numériques qui sont déjà utilisés par la plupart des plateformes en alphabétisation actuelles. Mais la séance d'utilisation, l'agencement, la configuration les différencie de l'« αβGasy@mobile ». Nous utilisons par exemple l'étiquette *vocale tout au long de l'activité ...*

Tableau XII.2 : Les ressources disponibles et nécessaires pour la réalisation des activités pédagogiques et pour l'évaluation de l'apprenant.

Pédagogie présentielle	**Conditions**	**Pédagogie à distance**	**Apports du numérique**
Exercices en écriture	Cahier numérique, stylet, tactile, gestion des traces, espace d'interaction, ressources pédagogiques	Exercices en écriture, outil de suivi, jeux, etc.	Autocorrection par l'API, individuel, collectif le cas échéant,
Exercices orales	Enregistreur vocale, reconnaissance phonétique, ressources pédagogiques	Exercices orales, outils de suivi, jeux, etc.	Autocorrection par l'API, individuel, méthode de communication naturelle,
Exercices de calcul	Ressources pédagogiques, algorithme de calcul	Exercices de calcul, outil de suivi, Jeux, etc.	Autocorrection par une programmation interne, individuelle
Évaluation écrite	Ressources pédagogiques, Cahier numérique, stylet, tactile, gestion des traces	Évaluation des activités écrites	Qualité de la compétence,
Évaluation orale	Ressources pédagogiques, Reconnaissance vocale,	Évaluation des activités enregistrées sous format vocale	Qualité de la compétence,
Évaluation en calcul	Ressources pédagogiques, Algorithme de calcul	Évaluation des activités en calcul	Qualité de la compétence,

Face au type de données que nous traitons ainsi que leur taille, nous avons utilisé l'outil « Application Programming Interface » ou « API » pour l'évaluation. Cette méthode d'évaluation est peu utilisée dans les pays africains comme Madagascar. L'API est une stratégie technique dans l'interopérabilité des applications informatiques. Pour être précis, une API est un programme permettant à deux applications distinctes de communiquer entre elles et d'échanger des données. C'est la réutilisation entièrement ou partiellement d'une application pour les traitements de l'information ou pour ajouter des informations. Sa disponibilité est alors en fonction des besoins d'une communauté au moins et son existence des compétences des techniciens.

XII.3.1 La méthode d'évaluation

Les évaluations sur l'écriture et la lecture dans notre application utilisent quatre différents API[81] tous fournis par Google. Du côté Écriture, le processus est basé sur la comparaison des formes, ce qui rend la tâche moins fastidieuse. Nous avons démarré avec l'alphabet français. Toutes les voyelles accentuées, ainsi que les caractères U, X et W que la langue malgache n'utilise pas, sont retirés. Avec ces caractères en moins, la langue malgache ne possède pas toutes les facultés de transcription d'une langue universelle, ce qui présente une insuffisance de données lors du traitement de l'évaluation en Lecture.

L'API « Voice » de Google est utilisé, mais elle ne résout pas entièrement le problème de la méthode d'évaluation en ligne. C'est un problème commun pour toutes les langues non universelles. La flexibilité des résultats de l'évaluation sera limitée. Et tant qu'une application ne dispose pas de l'API de la langue dans laquelle elle est produite, les données de comparaison dans une évaluation seront limitées. Autrement dit, pour effectuer une évaluation du niveau d'acquisition de la lecture par une application de plateforme numérique, il faut que l'application dispose d'un référentiel dans la langue de l'application. Aussi, seule une API de prononciation de la langue malgache peut donner des résultats intangibles dans l'évaluation des acquis de la lecture dans αβGasy@mobile . (Ce qui ouvre des perspectives très excitantes d'application de l'intelligence artificielle dans nos développements.)

Les API de Google auxquelles nous avons fait appel sont regroupées dans un service intégré : Cloud Vision API. . Ce service intègre :

- Google Vison features :
- Including image labeling, face, logo and landmark detection
- Optical Character Recognition (OCR)
- Detection of explicit content.

L'API n'est donc pas comme on peut le constater, ni un logiciel, ni une application : il se compose dans le dispositif de Google, de son interface graphique de visualisation, de ses outils de détection de visage, de logo et de paysage, d'un système de reconnaissance de caractères de type numérisation de documents, d'outil de repérage de contenus. Il s'agit donc d'une boîte à outils pour divers traitements de l'information.

[81] Google Vison features, Including image labeling, face, logo and landmark detection, Optical Character Recognition (OCR), Detection of explicit content

Ainsi, dans notre application mobile, l'enregistrement vocal des lettres et des mots est effectué à l'aide d'un téléphone portable qui a la même configuration que ceux qui seront utilisés pour accéder à l'application. Les guides écrits sont élaborés à partir d'un fichier GIF pour que la présentation soit proche de la réalité de la salle de classe pendant l'apprentissage. Le Tableau *XII.3* présente les supports de ce genre de traitement de l'information.

Tableau XII.3 : Les outils pour les concepteurs pédagogiques

Pédagogie présentielle	**Conditions**	**Pédagogie à distance**	**Apports du numérique**
Explication orale	Espace disque, Enregistreur vocal,	guide vocale, guide écrite ou vidéo	Écoute avec répétition, standard pour tous les apprenants
Explication écrite	Espace disque, document écrit	Guide écrite ou vidéo	Lecture avec répétition, standard pour tous les apprenants
Ressources pédagogiques sur papier	Disponibilité et accès aux ressources numériques	Structuration scénario pédagogique	Réalisation avec répétition, réutilisation des scénarii,
Séance de suivi	Outil de suivi	Outil de suivi	Chaque intervention de l'apprenant est stockée et consultable à tout moment

La prise vocale des lettres et des mots sont effectués à l'aide d'un téléphone portable qui a la même configuration que celui à destiner pour l'utilisation de l'application. Les guides écrites sont élaborées à partir d'un fichier GIF pour que la présentation soit proche de la réalité à la salle de classe pendant l'apprentissage.

XII.3.2 Un exemple de diagramme d'activité

Pour apprendre la lettre « a », il faut réaliser les activités décrites dans le diagramme d'activité.. Le diagramme d'activité est un diagramme dynamique en « langage de modélisation unifié » ou UML décrivant les activités séquentielles et parallèles d'un système. Dans le cadre de la conception d'un environnement d'apprentissage multimédia, il nous permet d'identifier la manière dont l'intervention des outils numériques sera gérée, ainsi que l'encadrement et les rôles respectifs du tuteur et du groupe d'apprenants dans la prise en charge de cet encadrement (ACREDITE, 2018). Cette phase est importante pour l'ensemble de la transformation de la pédagogie manuel en pédagogie numérique.

Du côté technique auquel nous nous intéressons le plus, les contraintes fondamentales reposent alors sur les concepts des outils numériques qui permettent de réaliser la configuration logique des questionnements des apprenants au cours des séquences pédagogiques de la méthode d'apprentissage « *Lala Sy Noro* ». Ces questionnements sont presque aussi réalistes que les questionnements oraux des élèves avec l'enseignant en présence dans une classe. En présence, les apprenants posent des questions sur les contenus lors de l'incompréhension, alors que la concentration ou l'attention est la source de l'incompréhension. En revanche, les apprenants utilisant le dispositif numérique se préoccupent beaucoup de la présentation des outils de réalisation des activités pédagogiques. Nous avons utilisé des pictogrammes, des pictographies, des illustrations et photos dans le dispositif, qui doivent avoir une apparence compréhensible et comparable avec la réalité. Ils vérifient les réponses qui vont conditionner la suite de leur comportement.

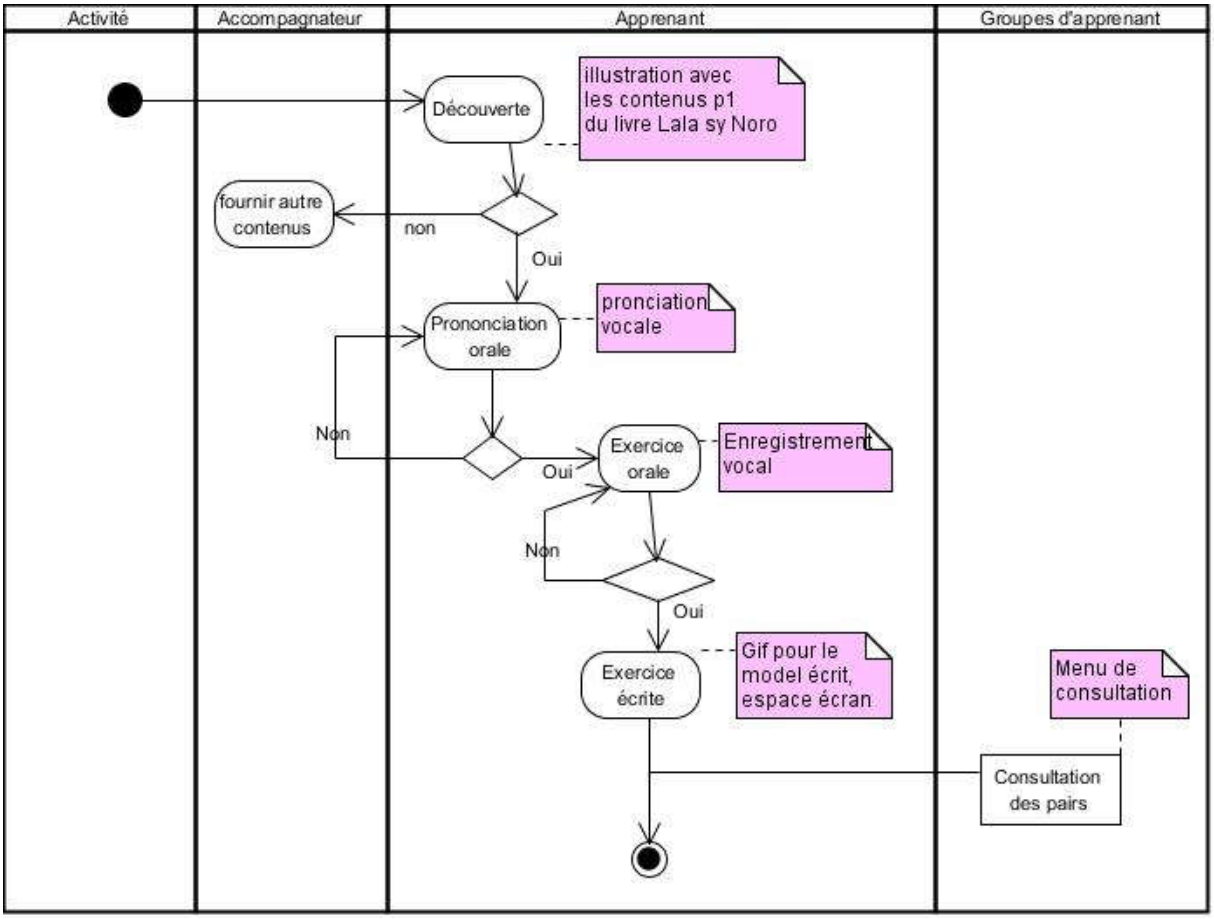


Figure XII.5: Diagramme d'activité pour un scénario pédagogique

En pédagogie présentielle, la qualité de ces outils d'illustration ou de ces symboles dépend de la capacité du maître à fournir des objets représentatifs. La routine est incertaine pendant l'explication du maître si certains élèves ont des difficultés de compréhension ou un

moment d'inattention. C'est le contraire dans le cas de la pédagogie en ligne : la routine est disponible dès qu'il y a des difficultés. Et c'est la raison pour laquelle nous avons proposé un système expert qui fournit plus de données précises sur l'item avec lequel l'apprenant rencontre des difficultés. Le rôle principal de ce systeme expert est de faire revivre l'application devant l'apprenant. Chaque blocage est combattu par une nouvelle découverte ou un nouveau rafraichissement d'idées sur l'évaluation qu'il a déjà rencontré dans le passé (Kotkov et al., 2016). Le fondement de ce système expert est la propriété de sérendipité que présente l'outil. Cette propriété fait partie des fonctions d'accompagnement de l'apprenant en situation d'autonomie. L'autoformation est une propriété avantageuse de la formation avec le numérique. Nous avons introduit cette propriété en ajoutant quelques spécificités notamment des outils qui facilitent l'interactivité.

Le mode d'évaluation de l'écrit est proche de la méthode pratiquée dans la salle de classe, la connectivité nécessaire dans notre méthode mise à part. Les API générales de Google sont opérationnelles. Par contre, le manque d'API voice malagasy nous oblige à utiliser la méthode générique d'évaluation orale. La mise en place d'une API voice propre à la langue malgache est aussi une priorité et une perceptive pour les futurs travaux de développement pour réduire les difficultés liées aux échanges des données numériques.

XII.4 De l'environnement présentiel à l'environnement numérique

L'intérieur de la clôture d'une école représente l'environnement présentiel. Chaque école/collège a une cour de récréation. A part cette cour de récréation, certains lycées possèdent des terrains de basket ou foot. Dès l'entrée jusqu'à la fin du cours, ces espaces occupent des rôles importants pour les pédagogies présentielles. Un des rôles le plus important est que les enfants demeurent actifs.

Dans la salle de classe, nous apercevons un tableau noir avec les craies et les éponges face aux élèves qui écrivent assis sur les bancs accompagnés d'un casier pour chacun et d'une chaise. Le bureau du professeur se trouve au côté opposé de la porte. Au fond de la classe, se trouvent un tableau d'affichage et une armoire de rangement des stylos, des craies et des livres écoliers. Nous travaillons sur la métaphore (casier, tableau noir, etc.) en lien avec les objectifs de la formation et les profils des apprenants.

Par ailleurs, les pédagogues appellent ce type d'environnement par « Environnement Numérique de travail ». L'ENT a pour ambition de permettre à tous les usagers de l'école, élèves, enseignants, personnels administratifs, parents, d'accéder à un ensemble de ressources et de services numériques en rapport avec leur activité et leurs préoccupations. En amont de

l'activité sur la formation, ENT assure la gestion à la réalisation de la formation, l'accès aux supports des ressources pédagogiques,… en aval l'ENT assure l'archivage des traces numériques des activités réalisées à chaque intervenant sur la plateforme. Il s'agit les informations sur la réalisation de l'activité (trace d'activité, date et heure d'intervention, nombre d'accès, les menus visités, …). L'ENT est un espace fédérateur pour l'ensemble de la communauté éducative. (Échelle établissement, inter établissement, académique, nationale,). Il est aussi la vitrine de l'établissement pour les métiers hors de l'éducation ou de l'enseignement ce qui permet les parents et les entreprises à savoir les objectifs de l'établissement.

XII.4.1 L'environnement Numérique de Travail

L'objectif de l'ENT est d'offrir et d'adapter des outils du Computer Supported Collaborative Work ou CSCW au Computer Supported Collaborative Learning ou CSCL (Caron, 2004). Il favorise les pratiques pédagogiques collaboratives en utilisant les TICE. Il comporte un certain nombre d'outils et de services, accessibles à l'utilisateur par une interface unique personnalisable d'après le même chercheur (par exemple Tableau *XI.4*). Dans cette figure, l'utilisateur a l'avantage de pouvoir procéder au rangement de l'ensemble du document du séminaire à n'importe quel endroit et n'importe quand via l'Internet. L'ENT a la capacité d'organiser les activités collaboratives comme les activités par projet qui sont réalisées par les groupes d'apprenants.

Au début de la conception de« αβGasy@mobile »**,** les environnements numériques en apprentissage ou ENA de Madagascar n'intègrent pas ces espaces. Au cours de nos travaux de recherche, nous avons expérimenté la construction d'un environnement numérique en considérant la cour de récréation comme un espace de jeux transposables sous forme d'exercices d'apprentissage de la langue écrite et orale. Les contenus sont classés par niveau.

La Tableau *XI.5* propose la liste des éléments constitutifs de l'environnement présentiel qui peuvent se décliner dans un environnement numérique de travail. Cet environnement n'a pas d'impact sur la réalisation des activités pédagogiques, en revanche, il en a sur la motivation des apprenants, sur leur assurance d'être dans une salle de classe pour apprendre. L'objectif de ce nouvel environnement est de se calquer le plus possible sur l'univers de la salle de classe et celui de l'école.

Les conditions de conception dépendent des prises de photos de la réalité et des programmations informatiques fonctionnelles de cette transformation. Le basculement de l'environnement présentiel vers l'environnement numérique est relativement facile avec les

possibilités de traitement de ces photos. L'écran, le stylet, les outils de communication, les espaces virtuels sont des outils déjà opérationnels en numérique et dans des multiples versions. Nous n'avons que l'embarras du choix à proposer aux apprenants.

Tableau XI.4 : Les icônes de la situation d'apprentissage et leur fonctionnalité en classe.

Environnement présentiel	**Conditions**	**Environnement numérique**	**Apports du numérique**
Tableau noir, ardoise	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Écran, image de signification	Portabilité, réduction du coût,
Stylo, craie des couleurs	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Stylet capacitif	Portabilité, réduction du coût,
Tableau d'affichage, journal scolaire imprimé, carnet de correspondance	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Consignes, charte, outil de communication	Portabilité,
Banc, casier, bureau de la maitresse,	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Espace privé virtuel	Portabilité,
Salle de classe	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Salle d'équipe virtuelle	Portabilité,

Tableau XII.5 présent les objets de l'environnement de l'école. Dans la représentation numérique, l'école devient un centre d'animation virtuel vers lequel se dirige l'apprenant. La cour virtuelle dans laquelle il entre correspond alors à l'espace de jeux et d'échanges de la cour d'école. Dans l'application numérique, les jeux traditionnels de la cour de récréation sont remplacés par des "serious games" visuels en malgache naturellement. Ces derniers peuvent même s'inspirer de jeux traditionnels malgaches comme "fanorina katro, etc.

Dans le contexte d'alphabétisation, il n'est pas évident de proposer un jeu à un individu pour solliciter son appropriation de la culture numérique dans un processus d'apprentissage à long terme ou simplement tout au long de son apprentissage : Le rôle de cet environnement ludique est d'être un régulateur d'ambiance d'apprentissage, qui pourrait évoluer avec l'âge des apprenants et les objectifs de l'apprentissage : Les question autour de "Pourquoi nous apprenons à lire, à écrire et à compter ?" peuvent être ainsi introduites par des jeux.

Pour représenter les éléments de l'environnement présentiel de l'école primaire publique cités dans le *Tableau XII.5* dans l'environnement numérique, nous avons élaboré ces éléments à partir des pictogrammes.

Le but de ce nouvel univers numérique de travail est, comme l'a indiqué aussi Benayache, (2005) "de combler la perte de la cohésion et de la stimulation qu'opère une salle de classe et que peut sentir l'apprenant seul devant sa machine".

Tableau XII.5 Les icones de l'école et sa représentation

Environnement présentiel	**Conditions**	**Environnement numérique**	**Apports du numérique**
Le terrain de jeu	Ressources physiques puissant ; Fonction et présentation identique à l'usage réel	Les jeux ludiques ou sérieux	Portabilité,
Les tableaux d'affichages	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Les consignes,	Portabilité,
Les différents bureaux et classes	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Le plan de présentation et de navigation,	Portabilité,
La cour de la récréation	Fonction et présentation identique à l'usage réel, Ressources physiques puissantes	Espace libre, accès aux ensembles des élèves	Portabilité,
Le portail de l'école	Fonction et présentation identique à l'usage réel	Illustration numérique, logo,	Portabilité,
L'école	Fonction et présentation identique à l'usage réel	La plateforme avec la cours de la récréation	Portabilité,

XII.5 D'une assistance présentielle à une assistance à distance

Le rôle de l'assistance en apprentissage ou dans la relation pédagogique est d'être un véritable outil de travail pendant la construction de savoir. De multiples travaux mettent en évidence l'impact de cette fonction sur la réussite scolaire. À l'ère du numérique et avec la formation à distance, cette fonction pédagogique se réalise à travers les échanges de l'apprenant avec le tuteur en ligne ou à distance. L'assistance présentielle se métamorphose en tutorat à distance avec le numérique. Le tutorat a une dimension individuelle, au sens d'une relation individuelle entre le tuteur et l'apprenant, ou collective, dans le sens où le tuteur intervient auprès de plusieurs ou d'un groupe d'étudiants.

Au regard de la diversité des travaux de recherche, la question du tutorat est abordée selon différents points de vue. Le dictionnaire de l'éducation actuel a mentionné que le tutorat s'inscrit dans une activité d'encadrement auprès d'une ou d'un élève ou d'un groupe d'élèves visant le développement personnel et social de l'élève en l'invitant à assumer ses responsabilités relativement à sa propre formation (Legendre R. 1993). Selon Denis, le tutorat à distance est un vrai métier dont il faut apprendre les différentes facettes, tout comme celui d'enseignant, de médecin, de chimiste, de mécanicien, …. (Denis, 2002). Gounon trouve que le tutorat est fondé sur toute intervention susceptible d'aider un apprenant dans son activité d'apprentissage tel que le support apporté pour interagir avec les autres acteurs de la formation ou bien des informations

relatives à l'avancement de son activité d'apprentissage ou de l'environnement (Gounon et al. 2004). Les principes du mode de fonctionnement du tutorat sont bien définis par ces différents résultats de travaux de recherche. Il nous manque la description des outils de communication adaptés aux différentes fonctions du tutorat. Pour certains chercheurs comme Denis, c'est une garantie pédagogique de la formation en ligne, il importe que les tuteurs possèdent un profil de compétences en adéquation avec les rôles qu'ils doivent remplir (Denis, 2002). Dans cette thèse, nous nous intéressons à la qualité des outils numériques dans le module de tutorat. Le tutorat utilise différents outils de communication selon leurs destinations *Tableau XII.6*. Les plus utilisés sont l'e-mail pour la diffusion de l'information, le chat pour un dialogue instantané, le forum pour un débat sous forme de dialogue dirigé. L'usage de ces outils est évident au cas où les apprenants sont en mesure de les utiliser, de les manipuler, ce qui est le cas contraire de notre situation. Avec les capacités de nos apprenants, nous avons adopté des outils et des fonctionnalités selon la liste des outils de base du tableau 29

Tableau XII.6 Rôle et fonction du tuteur *(Denis B. , 2002)*

Rôle d'un tuteur	**Fonction**	**Outil avancé**	**Outil de base**
Animateur	**Contacter** les apprenants, **Prendre** connaissance de données **Vérifier** que les objectifs du cours sont connus et compris **Rappeler** le déroulement de la formation avec les durées	e-mail ; chat, forum, calendrier de déroulement ;	Contact face à face, porte à porte et par téléphone
Accompagnateur technique	**Répondre** à des questions de son niveau ou les renvoyer au technicien **Communiquer** les principes de communication **Conseiller** les apprenants sur les choix des outils à utiliser	Notification de réponse, e-mail,	Validation de leur prérequis (capacité à manipuler un téléphone portable)
Accompagnateur disciplinaire	**Fournir** des ressources pédagogiques **Répondre** à des questions relatives aux contenus **Solliciter** la mise en relation entre différent	Gestion des droits d'accès aux documents pédagogiques Notification de réponse Espace de stockage dédiée à ces documents	Présentation de la version papier du livre et leur rappeler le mode d'usage de ce livre à l'époque
Accompagnateur méthodologique	**Conseiller** sur la méthode de travail et organisation, sur la communication et la collaboration	Chat e-mail	Échange préalable sur les avantages de la formation,

Rôle d'un tuteur	Fonction	Outil avancé	Outil de base
	Proposer une démarche sur le soutien affectif		Les fenêtres de dialogues sont renforcées par des images et vocales
Autorégulation et métacognition	**Solliciter** la tenue d'un carnet de bord chez l'apprenant **Discuter** avec lui de l'évolution de ses apprentissages **Solliciter** des décisions de régulation du processus d'apprentissage/enseignement	Calendrier numérique, Chat e-mail	Évaluation périodique, Les fenêtres de dialogues sont renforcées par des images et vocales
Évaluateur	**Communique**r, **rappeler** les critères d'évaluation de l'activité **Solliciter** l'autoévaluation de l'activité de l'apprenant **Fournir** des feedbacks sur l'activité **Collaborer** avec le titulaire de la formation pour évaluer les travaux des apprenants **Fournir** des indicateurs susceptibles de réguler le dispositif de formation	Notification de rappelle e-mail, feedback	Auto-évaluation, QCM Les fenêtres de dialogues sont renforcées par des images et vocales
Personne-ressource attitrée	**Conseiller** l'apprenant dans le choix des cours, **Fournir** au titulaire du cours des informations susceptibles de réguler son cours, la participation de l'apprenant aux activités, …	Feedback	Les fenêtres de dialogues sont renforcées par des images et vocales

Le *Tableau XII.7* énumère les apports du numérique dans le module de tutorat. La gestion de l'espace est la condition importante lors de la conception d'un outil de communication de type tutorat. Il est important de respecter cette condition pour que l'archivage de communication et sa consultation/reconsultation soient possibles à tout moment.

Tableau XII.7 : Les outils de l'assistance à distance qui remplacent l'assistance en présentiel.

Assistance présentielle	Conditions	Assistance à distance	Apports du numérique
Communication orale	Espace de communication, outil de communication,	Communication vocale enregistrée sur la plateforme	Répétition à l'écoute

Assistance présentielle	Conditions	Assistance à distance	Apports du numérique
échanges	Espace d'échange, outil d'échange	Orale, message instantané,	Asynchrone ou synchrone, relation entre les apprenants-apprenants-personnels titrés qui habitent dans différents lieux
Affection pédagogique	Les outils permettent d'établir les relations pédagogiques	Messagerie instantanée, mail, chat	Maîtrise de soi en expression, politesse
Ressources pédagogiques	Espace de stockage, gestion d'accès,	Bibliothèque numérique, ressources éducatives libres	Visibilité des propriétaires,

Dans « αβGasy@mobile », le mode de communication naturel a été favorisé. Le tutorat utilise les fonctions de communication vocale et l'image. Au début, nous avons commencé par la présentation historique du livre manuel aux apprenants. Cette présentation est une sorte de partage d'information sur l'originalité de l'outil dont il sera le support de formation. Les détails historiques du livre rassurent les apprenants sur la validité des connaissances et les informations à manipuler tout au long de la formation. L'apprentissage est guidé par cette information et réconforte, en retour, la confiance des apprenants sur la suite de la formation. Cette présentation a été suivie par la découverte de la plateforme. Cette deuxième étape n'a pas rencontré de difficultés, car les contenus sont déjà connus lors de la présentation historique du livre. Il reste à se familiariser avec le plan de navigation. Pour une meilleure compréhension, nous avons mis un système d'assurance sur la validation de cette compréhension. L'apprenant doit reformuler la phrase annoncée par l'application. Si la phrase contient au moins deux mots clés, l'apprenant passera à l'étape suivante. Jusqu'ici, le tutorat occupe la fonctionnalité de guide. La fonctionnalité de régulation ou correction d'erreur est générée par les fenêtres de dialogues à travers des images animées et parfois le son (applaudissement par exemple lors d'un exercice sans erreur). L'animateur au centre de l'alphabétisation le plus proche de l'apprenant aide les apprenants dans d'autres difficultés de type incapacité à ouvrir l'application, les problèmes techniques comme l'installation de l'application sur l'appareil. Il a aussi le rôle de saisir les informations concernant l'apprenant dans l'application au début de la formation.

La première partie de l'application est basée entièrement sur le livre « *Lala sy Noro* » qui est raisonnable en taille et en manipulation avec les conditions techniques d'un téléphone portable ou smartphone. Les détails sur l'étude de la conception des interfaces sont rédigés plus

haut. Avec les 58 pages du livre « *Lala sy Noro »*, le module de tutorat au niveau interne, c'est-à-dire, intégré dans l'application, est illustré par les fenêtres de dialogue avec leurs différentes fonctionnalités. Ces fonctionnalités sont développées en fonction de l'apprentissage, des caractéristiques du message principal à transmettre et selon la présentation originale dans le livre. Pour apprendre à lire, nous avons utilisé la prononciation vocale et le pictogramme haut-parleur pour transmettre le message qu'il faut appuyer pour écouter.

Cette partie assure les nouvelles compétences en écriture, lecture et calcul en langue malgache. Les pratiques dans l'univers de la société seront dans un autre module à venir et seront en interopérabilité avec les réseaux sociaux et les autres applications Web. C'est la raison pour laquelle, le tutorat n'est autre qu'une simple aide et guide dans cette partie. Il peut être un régulateur dans les prochaines activités ou autres types de fonctionnalité..

XII.6 De l'administration présentielle à une administration à distance

Dans la formation présentielle, cette administration assure les services de la scolarité (l'inscription, l'organisation de la formation (calendrier, absence, etc.), les services Ressources Humaines et logistiques, les services financiers, la gestion de la formation, … (Tableau XII.8). Les administrations présentielles effectuent au sein de l'établissement et les ¾ des services sont enregistrés sur papiers bien classés. Avec le numérique, cette administration est faite soit en local ou à distance. Comme toute application à distance, l'administration à distance est conçue à partir du principe Web 2.0. L'accès aux informations est administré par la gestion de droit ou de profils des utilisateurs. La gestion des informations se réalise à partir des requêtes lancées par l'intéressé. La sauvegarde des données se fait automatiquement et périodiquement par le système en fonction de la programmation.. Tandis que l'archivage numérique se fait par rapport à la politique de l'établissement. Rappelons que l'application est sur un serveur NAS dédié.

Tableau XII.8 : Les outils de l'administration à distance qui remplacent l'administration présentielle.

Environnement présentiel	**Conditions/intermédiaire**	**Environnement numérique**	**Apports du numérique**
Dossier papier	Espace personnel	Dossier numérique	Portabilité, réduction de coût, information à temps réel
Carnets pédagogiques	Fiabilité et sécurité des informations	Identifiant/codes d'accès	Confidentialité de l'information personnelle
Gestion des apprenants	Outil de suivi de l'assiduité des apprenants	Une application qui permet de détecter l'assiduité à chaque apprenant	Autorégulation,
Gestion de la formation	Un module de gestion de tâches et personnels	La plateforme avec gestion des profils des acteurs de la formation	Suivi de prêt au déroulement de la formation

Dans les faits, en matière d'administration, notre plateforme « αβGasy@mobile » n'a recours à la gestion en ligne que pour peu de services dont la mise à jour des pages web de présentation de l'application tel« αβGasy@mobile.mg ».

Chapitre XIII. Basculement vers application mobile

Le choix de concevoir une application sur téléphone mobile est l'objectif principal de notre travail de recherche et développement. La conception de la plateforme mobile repose sur une synthèse de fonctionnalités en alphabétisation contemporaine et sur les propriétés d'une formation mobile ou « m-learning ». Elle s'appuie sur le recensement des technologies logicielles open-source disponible et efficaces pour manipuler des ressources numériques.

Les démarches techniques de basculement vers le téléphone portable suivent exactement la méthode d'installation et de développement de nouveaux logiciels (Cf. état de l'art, processus d'informatisation). Ainsi, on peut étudier le cycle de vie. Grâce aux résultats de l'expérimentation précédente, le développement de l'application mobile n'est qu'un changement de support physique. Certaines améliorations sont développées à partir des analyses des données stockées sur la base de données et selon l'évolution de la technologie.

Le produit final de ce chapitre est une application mobile pour un support pédagogique sur l'apprentissage à lire, à écrire et à calculer basée sur les structures des contenus du livre *Lala sy Noro* . Nous n'avons pas, dans ce travail de recherche, élaboré de scenarii pédagogiques : ce travail relève des Sciences de l'Éducation. Nous laisserons le soin de la scénarisation pédagogique à des experts de ce domaine.

XIII.1 Méthode SCRUM

Des travaux de recherche nombreux (Deermer et al., 2012), (Bentahar Omar, 2016)) ont décrit SCRUM comme la méthode la plus utilisée pour la gestion d'un projet complexe. SCRUM est un progiciel ou suite de logiciels intégrés, proposés pour la réalisation de projets complexes en travail collaboratif avec la méthode Agile. la méthode Agile est basée sur la méthode itérative de livrables du produit fini. La tâche y est décomposée en différents « sprints » ou cycles de travaux relativement courts. Cette caractéristique présente des avantages pour un système innovant comme la plateforme « AβGasy@mobile ». Le projet combine une véritable équipe pluridisciplinaire, auto-organisée, avec une boucle de feedback couvrant un cycle complet, des actions itératives, courtes et réduisant le coût du changement. L'équipe contient l'ensemble du Product Owner, l'Équipe de réalisation et le ScrumMaster (Figure XIII*.1*).

Le **Product Owner** identifie les fonctionnalités du produit par priorité. À chaque sprint, il est en charge de maximiser le retour sur investissement. Dans la plateforme « αβGasy@mobile », les études documentaires confrontées aux résultats empiriques remplissent les informations au

niveau Product Owner. C'est une étude pluridisciplinaire entre Informatique et Sciences de l'Information et de la Communication. La discipline Sciences de l'Information et de la Communication étudie et identifie les concepts de base pour un outil numérique pour la communication de type apprentissage dès le niveau de base. Pour exemple : les modalités informationnelles, les médias de communication lors de l'apprentissage à lire. La discipline Informatique détermine les stratégies informatiques à mobiliser pour le développement de la plateforme pour un utilisateur analphabète. Pour exemple : les services web à faire intervenir pour l'interopérabilité des applications mobiles.

L'**Équipe** (également appelée Équipe de Développement) construit le produit qui est défini par le Product Owner. La réalisation des objectifs prédéfinis dépend de la fiabilité des informations obtenues. Pour « αβGasy@mobile », elle est structurée par le laboratoire MICA, LIMAD et un pédagogue remplacé par le livre pédagogique. Ce livre pédagogique remplit les contenus d'apprentissage de base de la plateforme. MICA fournit et évalue les outils de communications lors de la transformation du livre « *Lala sy Noro* » vers un outil numérique d'apprentissage. Pour exemple : vérifier la fonctionnalité « copie » qui est un exercice obligatoire pour apprendre à écrire : Est-ce que le mode de communication en tant qu'outil de copie-pédagogie est respecté ? (la propriété, la modalité, les techniques de communication…). LIMAD assure les réalisations techniques et informatiques de la transformation du livre *Lala sy Noro* vers une plateforme d'apprentissage numérique humain. Pour exemple : quelles fonctionnalités de l'API Google faut –il intégrer dans l'application pour évaluer les exercices « copies » ?

Le **ScrumMaster** est à la fois maître d'œuvre et leader dans le projet. Il doit maîtriser le métier et la méthode mobilisée. Dans le projet « αβGasy@mobile », le thésard, promoteur du projet, assure ce rôle dans la gestion du projet. Pour exemple : éviter tout blocage sur l'avancement ou les problèmes rencontrés pendant la réalisation du projet. Elle est l'interlocuteur entre les utilisateurs et les développeurs. Elle participe et anticipe la conception et la réalisation des stratégies pour l'amélioration et le développement vers une plateforme d'apprentissage innovante projetée avec l'évolution numérique.

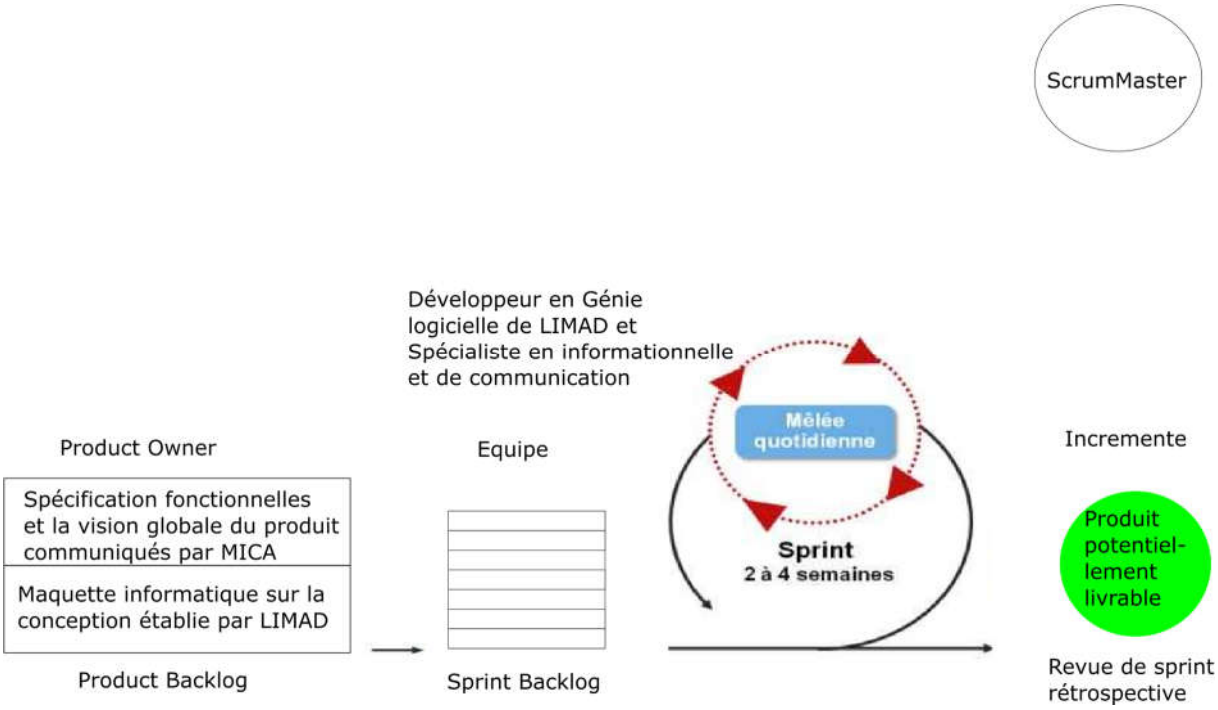


Figure XIII.1: Modèle de développement SCRUM "αβGasy@mobile à partir du modèle *(Bentahar Omar, 2016)*

Apprendre à lire et à écrire forme deux sprints dans l'application « αβGasy@mobile ». L'apprentissage à écrire tient compte de la longueur du mot à apprendre, utilise les API-Google writing. Ce sont des sprints qui évoluent avec la compétence de l'apprenant. Product Backlog *Figure XIII.1* dresse une liste des fonctionnalités métiers priorisées et orientées client. C'est un élément qui peut prendre la forme de « Use Cases » ou tout autre artefact de gestion des exigences que le groupe souhaite utiliser (Deemer et al., 2012). Le Sprint Backlog ou la planification sprint s'organise entre le Product Owner et l'Equipe pour passer en revue les éléments de forte priorité. Chaque sprint est limité dans le temps et le livrable. La revue de sprint rassemble tous les acteurs dans le projet (l'équipe du Scrum, les cibles, les utilisateurs, parties prenantes, experts pédagogiques, décideurs) pour inspecter et adapter le produit. La rétrospective de sprint inspecte et adapte le processus et l'environnement.

Tout au long de la conception et du développement de la plateforme « αβGasy@mobile », nous avons eu ces équipes jusqu'à la phase de lancement de la plateforme. Les différentes expérimentations réalisées et les observations sur terrain ont affiné les processus de développement.

XIII.2 Le modèle architecture

D'abord, c'est un modèle artisanal de la formation à distance, bâti sur un modèle proche de l'enseignement présentiel, notamment pour le processus de création pédagogique. Ce modèle

artisanal est adapté aux conditions particulières d'un enseignement ou l'enseignant est responsable des modalités et des contenus enseignés (Carron et al., 2010). Il s'appuie sur la maîtrise de la reproduction d'objets pédagogiques choisis en concertation entre enseignants. L'objectif est de pallier la perte de cohésion et de stimulation de la salle de classe que peut ressentir l'étudiant seul devant sa machine. En raison du nombre des apprenants, il prévoit d'obtenir les mêmes résultats que la formation à distance traditionnelle.

Le modèle architectural capitalise les règles dans le domaine du développement logiciel. Dans le cadre de l'apprentissage aux utilisateurs en situation d'alphabétisation, nous cherchons à développer un système m-learning (mobile learning) dont les principaux enjeux sont : (1) l'apprentissage quels que soient l'heure, le lieu, le dispositif de délivrance, les contraintes de connaissance ; (2) l'apprentissage continu au travers des différents contextes. Nous proposons une approche pour un système m-learning contextuel et adaptatif intégrant des stratégies de redirection par compétences pour éviter la rupture.

Pour la création d'une nouvelle architecture de système de redirection, nous partons du postulat que les connaissances et les compétences sont modélisées. Le diagramme de paquetage et le diagramme de composant du langage UML permettent d'établir l'architecture de notre application.

XIII.2.1 Le diagramme package UML de l'application « αβGasy@mobile »

Les paquetages offrent un mécanisme général pour la partition des modèles et le regroupement des éléments de modélisation. Chaque paquetage correspond à un sous-ensemble du modèle. La décomposition en paquetage n'est pas l'amorce d'une décomposition fonctionnelle ; chaque paquetage est un regroupement d'éléments selon un critère purement logique. La forme générale du système (l'architecture du système) est exprimée par la hiérarchie de paquetages et par le réseau de relations de dépendance entre paquetages (Muller, 1997). Notre application possède 2 paquetages qui sont le système de maintenance et le système d'apprentissage dont ce dernier est composé de 3 sous-paquetages : le système de préparation, le système de formation et le système de pratique. La plupart des concepteurs décomposent l'application suivant différentes préoccupations propres à chaque approche, mais une claire distinction est faite entre la partie graphique et la partie fonctionnelle. L'ensemble de ces paquetages forment le noyau fonctionnel de l'application.

Un système interactif, le cas de notre système, est une application informatique qui prend en compte, au cours de son exécution, des informations communiquées par le ou les utilisateurs

du système, et qui produit, au cours de son exécution, une représentation perceptible de son état interne (Beaudouin-Lafon, 1997). Le NF assure cette représentation perceptible en interne de l'application, notamment il est constitué par le système de traitement et de stockage de l'information, qui doit être interfacé. Dans le domaine du système logiciel, le rôle du NF est une des méthodes de conception des applications qui favorise la « réutilisation » (Brel, 2013), dont il est la fonctionnalité la plus caractéristique et la plus fondamentale pour les besoins des apprenants. Le travail suivant expose notre concept de paquetage.

a) Le système de mis à jour ou de la maintenance

La mise à jour est un moyen de maintenance, de révision ou mise à niveau. La plupart des maintenances se font au niveau des matériels ou infrastructure et au niveau de l'application ou « software » en anglais, qui correspond à la révision ou mise à niveau, à l'amélioration des fonctionnalités, à l'optimisation du fonctionnement ou à des performances, ou à l'ajout de nouvelles fonctionnalités. Du côté serveur, la fréquence de la maintenance au niveau matériel est fonction de la cohérence entre le volume de l'information à traiter et la configuration des matériels choisis. Nous nous intéressons à la configuration matérielle adaptée à l'usage du côté utilisateur. Nous nous intéressons à la maintenance du côté application ou « software ». Ce système est composé **d'un Système à Base de Traces ou SBT** de Setoutit, **un système de profil de l'apprenant ou « IPACO »** de Jean-Daubias, **un système de banque d'images**, **un système de ressources pédagogiques** et un système API ou « Application Programme Interface ». Ces concepts seront étudiés en détail dans les paragraphes suivants. La description du système du profil Apprenant est déjà entamée en section I-2. Nous décrirons les systèmes qui restent dans le paragraphe suivant.

À chaque mise à jour qui correspond à une révision ou mise à niveau, est associé un numéro de version. À l'issue de cette thèse nous avons la version initiale αβGasy@mobile 0.0. Et la version qui intégrera le niveau pratique de la connaissance acquise aura la version 1.0. La méthode de mise à niveau suit la méthode de conduite de projet informatique du développement génie logiciel et est basée sur les évaluations effectuées par les utilisateurs. Les paramètres de mise à jour sont à déterminer.

La mise à niveau est nécessaire dès que les apprenants acquièrent les compétences de base pour lire, écrire et compter en première étape. La pratique des compétences acquises est la raison principale de cette mise à niveau, d'une part, mais d'autre part, il faut aussi étudier en profondeur la mise à niveau pour garder les habitudes et les allures d'intégration des

apprenants. Elle doit être en relation avec la compétence acquise, la spécificité des apprenants, et les besoins en rapport avec la formation et le développement personnel.

b) Le système à base de trace ou SBT

La performance de notre application dépend de la gestion du système à base de trace. L'usage des traces dans un EIAH peut servir pour atteindre des objectifs différents touchants aussi bien la régulation de l'activité d'apprentissage que la qualité du scénario pédagogique et la réingénierie des EIAH (Manel et al. 2009). La raison du développement du SBT est qu'il contribue principalement dans l'ingénierie de l'application « αβGasy@mobile ». L'étude est centrée sur l'utilisateur. L'empathie entre la trace prescrite et l'expérience vécue par l'utilisateur est à la base du principe de facilitation proposé. Notre concept se base sur l'analyse des traces d'utilisation à la formalisation de l'approche Interface Homme-Machine ou (IHM). Nous avons étudié le concept de l'IHM pour l'application « αβGasy@mobile » dans la section II-3. Ce système stocke et gère les informations qui permettent de réaliser l'étude et l'évaluation de l'adaptation de l'IHM à la compétence de l'apprenant.

A partir d'une étude sur l'évaluation des IHM lors du développement des systèmes interactifs, Kolski (1996) a proposé trois méthodes et techniques d'évaluation Le premier est une approche centrée par l'utilisateur. C'est une approche basée sur les données empiriques, l'estimation de la charge de travail et les tests de conception avec les utilisateurs ; La deuxième est centrée sur une expertise humaine ou « papier ». Celle-ci est basée sur les aspects de communication homme-machine d'un système interactif. Et le dernier est l'approche centrée sur une modélisation de l'IHM et/ou de l'Interaction homme-machine. Elle est basée sur des modèles formels dits prédictifs et les modèles formels dits qualité de l'IHM ou approches logicielles. Les modèles prédictifs sont utilisés pour prédire certains aspects liés à l'interaction homme-machine et facilitent la mise en évidence de problèmes potentiels. Les traces de ces interactions sont récupérées par différentes méthodes pour établir des études ou des analyses souhaitées à propos du système source de ces traces. Choquet (2007) a utilisé les traces pour la réingénierie de l'EIAH avec la méthode Ingénierie Dirigée par les Modèles. Il a instrumenté le processus de conception et de développement centré sur l'enseignant, notamment le scénario pédagogique, en se basant sur les traces observées sur l'utilisation EIAH. (Lafalquière, 2009) a conçu un système à base de traces numériques dans les environnements informatiques documentaires. Il a utilisé la méthode de modélisation des traces qui combine les apports d'IHM, IC et CSCW. Carron, (2011) s'intéresse à la prise en compte de l'observation dans les EIAH (Carron, 2011) à partir des traces d'activités laissées par les utilisateurs par l'approche MUSETTE. (Chebil, 2013) a étudié le corpus de traces d'activité dans les EIAH. Il a utilisé la

méthode « proxyma » ou « Proxy for Multiple Analyse » pour atteindre son objectif. Toutes ces méthodes ont des points communs.

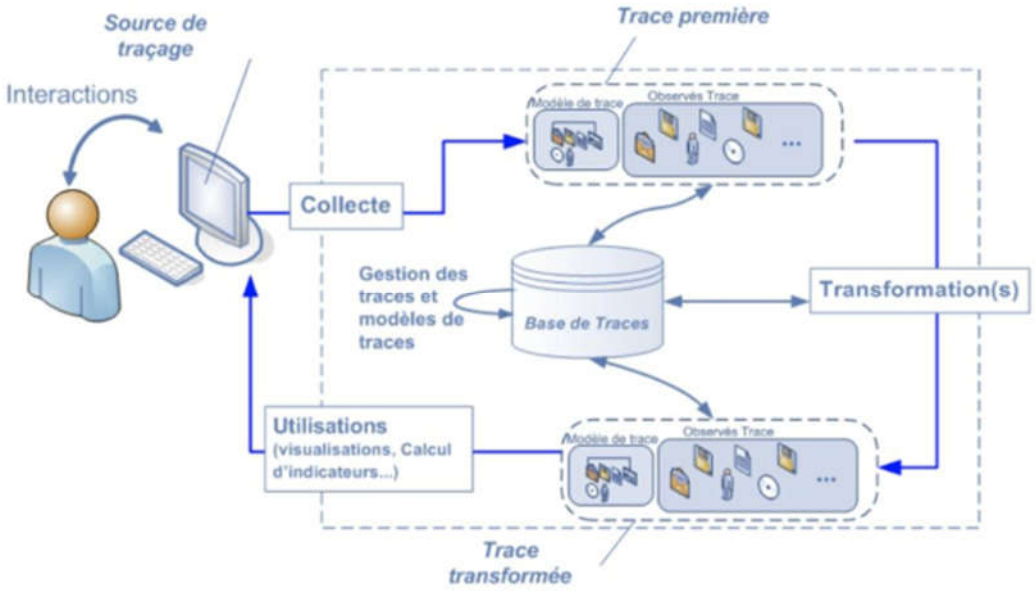


Figure XIII.2: Principe d'un système à base de traces modélisées (Djouad et al., 2010)

Le système de visualisation peut avoir un accès direct aux sources de traçage (vidéo, audio, pictographie, pictogramme,) et aux données relatives à ces traces. Ce système doit gérer et accéder aux différentes applications associées aux sources de traçage comme les vidéos.

L'intégration des évaluations par projets dès lors que l'apprenant a franchi la première étape, fait partie de la future mise à niveau de l'application. C'est une pratique assez reconnue dans la méthode pédagogie active. Le projet concerne la polémique sur l'épidémie COVID-19 ou tiendra compte de la politique nationale qui intéresse les apprenants. Ce qui confère à l'application une nouvelle fonctionnalité, avec de nouveaux outils mis à la disponibilité des acteurs et de nouvelles stratégies à mettre en place pour la réalisation de l'activité (à la fois du côté technique et du côté de l'organisation). En la matière, le mouvement "Responsive Web Design" traite de l'adaptation dynamique de pages web à la plateforme d'exécution, mais ne réalise pour l'heure, avec les CSS media queries, qu'un remodelage cosmétique de surface.

c) <u>système de profil de l'apprenant</u>

Les informations concernant les apprenants sont stockées dans ce système. Nous avons déjà détaillé le modèle de profil apprenant sur la section X.6.2 que nous avons intégré dans l'application. Dans ce paragraphe nous abordons le mode de fonctionnement de cette base pour que le profil soit un outil qui permet de caractériser l'apprenant. Nous nous intéressons aux

données des apprenants. Notre objectif est de représenter les connaissances de l'apprenant par rapport à l'application. Le profil de l'apprenant permet de suivre l'évolution de l'apprentissage. Le paramètre de gestion de ce système est basé sur la compétence acquise de l'apprenant. Chaque apprentissage mérite ou non une nouvelle connaissance acquise. Et le résultat modifie le statut de l'apprenant. En l'occurrence, l'orientation de l'apprenant change aussi. Une partie de profil de l'apprenant est saisie manuellement (l'âge, genre, ethnie) tandis qu'il y a des informations qui sont générées automatiquement par le système profil (adresse ou localité par GPS, compétence par les résultats des évaluations,).

Dans les plateformes à distance, les études centrées sur les utilisateurs s'appuient sur la gestion des profils. Notre système est conçu à partir de la spécificité des apprenants, notamment la compétence au niveau de base. C'est une application qui peut alimenter d'autres, les compétences utilisées sont détaillées à la section VIII.3 .

d) Le système banque d'image

Les relations liant les utilisateurs à leur application ou à leur outil est le design. Notre design est basique au début de l'apprentissage et doit être évolutif avec la compétence acquise de l'apprenant ainsi qu'à son environnement d'utilisation. La raison d'une banque d'image est d'assurer la composition les plus appropriées à un environnement d'usage. L'unification de la qualité, la dimension, la résolution d'image ainsi que le droit d'auteur constituent aussi une raison de plus pour établir une banque d'images.

L'objectif de ce système est de fournir des images d'apprentissage basées sur le livre *« Lala sy Noro* » et aussi des images d'illustration de l'apprentissage en alphabétisation centrée sur la spécificité des apprenants.

e) Les ressources pédagogiques

Avant d'entamer les contenus des ressources pédagogiques, il est nécessaire de définir ce qu'on entend par les « ressources pédagogiques ». À l'ère du numérique, la norme Dublin Core s'attache à la description des ressources physiques ou numériques. Il faut rappeler que Dublin Core est basé sur les informations nécessaires à fournir pour décrire la bibliographie des documents qui se trouvent sur le web, notamment un ensemble de recommandations.

Les ressources à but pédagogique ont aussi pour leur description, un modèle de métadonnées: LOM ou " Learning Object Metadata". LOM est lancé par le groupe de travail IEEE (IEEE-LTSC,2002 et Learning Technology Standards Commitee et propose en particulier la définition suivante : « un objet pédagogique est défini comme toute entité numérique ou non, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée pendant des activités d'apprentissage assistées par ordinateur (enseignement intelligent assisté par ordinateur, environnements d'enseignement

interactifs, systèmes d'enseignement à distance, environnements d'apprentissage collaboratifs) ». Le modèle conceptuel des métadatas est alors le schéma de base de LOM (structuré par neuf catégories[82] accomplissant différentes fonctions).

André Caron a relevé les limites de LOM, notamment la faille dans la gestion de l'interopérabilité et le partage ou la « réutilisation ». La plupart des informations sur le schéma de base deviennent obligatoires ce qui rend extrêmement difficile le partage ou la « réutilisation ». Pour pallier ce problème de LOM, le groupe « WG4 Management and delivery of learning » a sorti la norme « ISO/CEI 19788-1 Information Technology – Learning, education and training – Metadata for learning resources – Part 1 : Framework », connu sous le nom de « Metadata for Learning Resources ou MLR" en 2011. Cette nouvelle norme représente plus de spécificités en récupérant les informations de LOM. Il collecte les informations des documents pédagogiques en ligne publiés par les utilisateurs (internautes, spécialistes, …).
Il s'agit dans notre cas d'un livre manuel à mettre en ligne en appliquant la méthode de conception d'un logiciel centré sur l'utilisateur. Les différences d'avec d'autres documents répertoriés reposent sur le volume, la variété d'information à recenser. Le niveau d'agrégation et la catalogue sur l'identité n'ont pas de valeurs dans le cas du *Lala sy Noro* numérique. « αβGasy@mobile » est la première application en langue malagasy pour apprendre à lire et à écrire en ligne. Son catalogue est alors en cours de conception et dépendra de l'évolution ou de l'apparition d'autres applications favorisant l'alphabétisation. Avec un niveau d'agrégation identique.

La conception de la ressource pédagogique « αβGasy@mobile » est basée sur le principe de la « réutilisation » pour respecter la flexibilité de l'apprentissage. Nous avons étudié le cycle de vie de notre ressource pédagogique et c'est la raison pour laquelle elle intègre un système de maintenance. La ressource pédagogique de l'« αβGasy@mobile » est constituée par les contenus du livre *Lala sy Noro* en termes d'images, de lettres, de mots, de phrases. Les outils guides sur l'utilisation et ceux pour la réalisation de l'activité sont répertoriés dans différents dossiers et accessibles par la commande ftp sur un terminal pour les techniciens. Autres que les contenus originaux du livre, nous avons ajouté des illustrations prises sur le terrain et retraitées avec Autocad le cas échéant. La classification de ces nouvelles illustrations est en référence avec l'objectif de l'apprentissage. Par exemple, si on apprend la lettre « a », les noms des nouvelles images ne doivent contenir que la voyelle « a ».

[82] Général, Cycle de vie, Méta métadonnées, Technique, Pédagogique, Droit, Relation, Commentaire, Classification.

La prise en main de l'application est guidée par communication vocale avec l'extension GIF. Chaque processus d'utilisation possède un guide vocale avec la transcription. La transcription sera nécessaire dès que l'apprenant a la compétence et la compréhension lecture. Au lancement de l'application, nous avons 50 images d'illustrations, 200 mots et 60 phrases à apprendre. Pour apprendre à écrire, nous avons 21 modèles de l'alphabet en caractères d'imprimerie. L'apprenant peut utiliser un stylet ou un de ces dix doigts pour apprendre à écrire. L'application dispose d'une fonction de gestion de l'espace-écran dédiée à l'apprentissage de l'écriture.

Pour apprendre à lire, l'application utilise le mode vocal. Chaque exercice est enregistré dès que l'apprenant valide son apprentissage. L'écran d'un smartphone joue le rôle d'un cahier pour apprendre à écrire.

La conception de l'application est basée sur une application évolutive. Dans ce cas, les ressources pédagogiques évoluent aussi avec la compétence acquise, l'environnement de l'usage et le besoin de l'apprenant. La méthode de mise à jour utilise celle de la conception d'un génie logiciel. La version actuelle contient ces ressources pédagogiques citées ci-dessous et fonctionne avec elles.

f) Le système d'apprentissage

Autrefois, le système d'apprentissage numérique était défini par le passage de l'apprentissage assisté par l'ordinateur (AO, AOI, Pierre Tchounikine). À l'ère du Web 2.0, le système d'apprentissage avec le numérique est défini par l'apprentissage assisté avec les outils numériques (les plateformes à distance, les multimédias). Une étude plus approfondie se trouve à la section III. Dans ce paragraphe, nous abordons le sujet de la pratique dans l'application. Il est structuré par la scénarisation pédagogique active et se réalise avec la plateforme en ligne. Du point de vue technique, le concepteur doit fournir à l'utilisateur les outils qui lui permettent de réaliser l'apprentissage (les outils destinés à la préparation de l'apprentissage et des outils dédiés celle de la réalisation). Dans « αβGasy@mobile », la scénarisation pédagogique est basée sur la structure du livre manuel *Lala sy Noro* . C'est-à-dire que les scénarios pédagogiques suivent l'ordre de réalisation dans le livre, renforcé par les techniques de pédagogie active. Pour exemple dans la phase de découverte, l'autoformation impose d'introduire le dispositif de l'évaluation pour que l'apprentissage se déroule comme prévu. Les évaluations de l'écriture et de la lecture passent par les services API de Google, tandis que les calculs sont des processus « handwritting » et « voicespelling » et sont interpellés à chaque évaluation. Cette méthode est choisie pour éviter l'émancipation des activités pédagogiques autonomes (la répétitivité peut

démotiver les utilisateurs). L'application offre un espace-écran mobile pour réaliser l'apprentissage de l'écriture.

En pratique, le scénario pédagogique avec le numérique est concrétisé à partir du cahier des charges établi par le promoteur de la formation. Et le technicien ou les personnels attitrés gèrent l'espace et l'accès à la plateforme de l'application. Par rapport aux autres plateformes d'apprentissage, le scénario pédagogique de l'application « αβGasy@mobile » est conçu pour être modifiable et pour suivre l'évolution de la compétence acquise.
Un exemple sur le déroulement de l'apprentissage a été développé dans la section X.

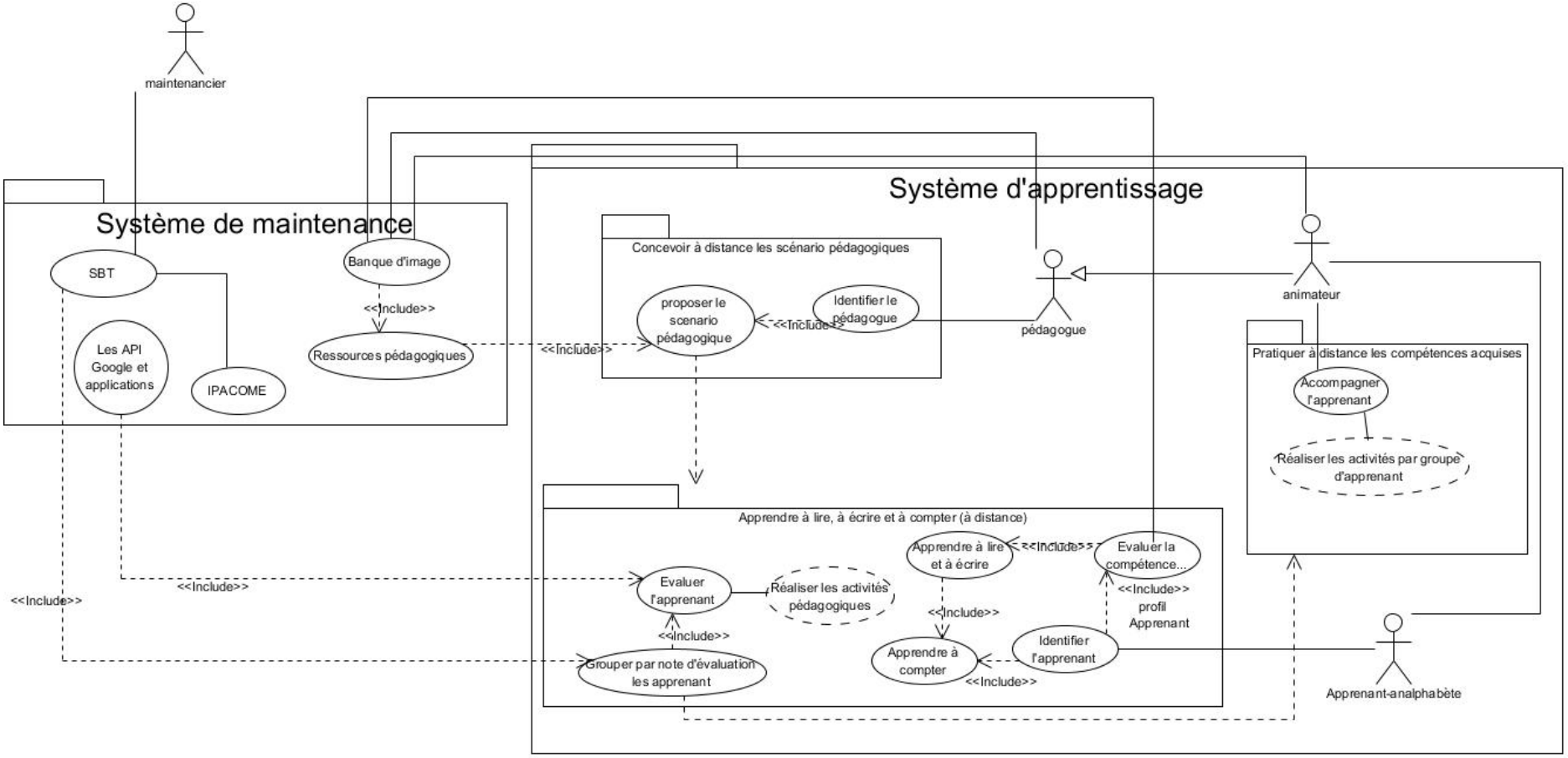


Figure XIII.3 : diagramme de packages « *αβGasy@mobile* »

XIII.2.2 Le diagramme de composants UML de l'application « alfabetagasy »

Le diagramme de composants UML représente les composants physiques d'une application et leurs dépendances dans l'environnement de réalisation en termes de modules (Roques et Vallée, 2007) : fichiers sources, librairies, exécutables, documents, table... Les dépendances entre composants permettent d'identifier les contraintes de compilation et de mettre en évidence la réutilisation de composants.

Pour celui de la plateforme « αβGasy@mobile », nous en déduisons les diagrammes de composants à partir du diagramme de package (Figure *XIII.3*) avec les règles d'utilisation. À l'issue de ce paragraphe, nous disposerons d'un modèle complet de plateforme permettant d'être au plus près des besoins des utilisateurs : enseignants, administrateurs et apprenants.

Le diagramme de composant « système d'apprentissage »:

Sous-package « concevoir à distance les scenarii pédagogiques » : nous avons le module composite « Enseignement – Tuteur ». Ce module possède l'interface requise « API[83]-Google » et l'interface offerte le protocole « HTTP » avec le module « Apprendre à lire, à écrire et à compter »

Sous-package « Apprendre à lire, à écrire et à compter » : il possède les modules composites « apprendre à lire », « apprendre à écrire et apprendre à « compter ». L'interface requise est le protocole « HTTP » générée par le composant « Enseignement »

Le composant SGBD: est un serveur NAS (Network Attached Storage), un système de stockage de fichiers connecté à un réseau local, accessible aux utilisateurs autorisés à accéder à ce réseau. Il est flexible et incrémental et peut être comparé à un cloud privé qui possède les mêmes avantages qu'un cloud public, mais beaucoup plus rapide et nettement moins cher. En tant que ressource spécifique et dédiée, elle garantit la fluidité d'accès au contenu à distance en utilisant le réseau de son choix, Internet, GSM ou autre. Il permet à la fois le stockage du contenu du manuel avec les images complémentaires et la gestion des transactions des utilisateurs avec le dispositif d'apprentissage.

[83] Application Programming Interface

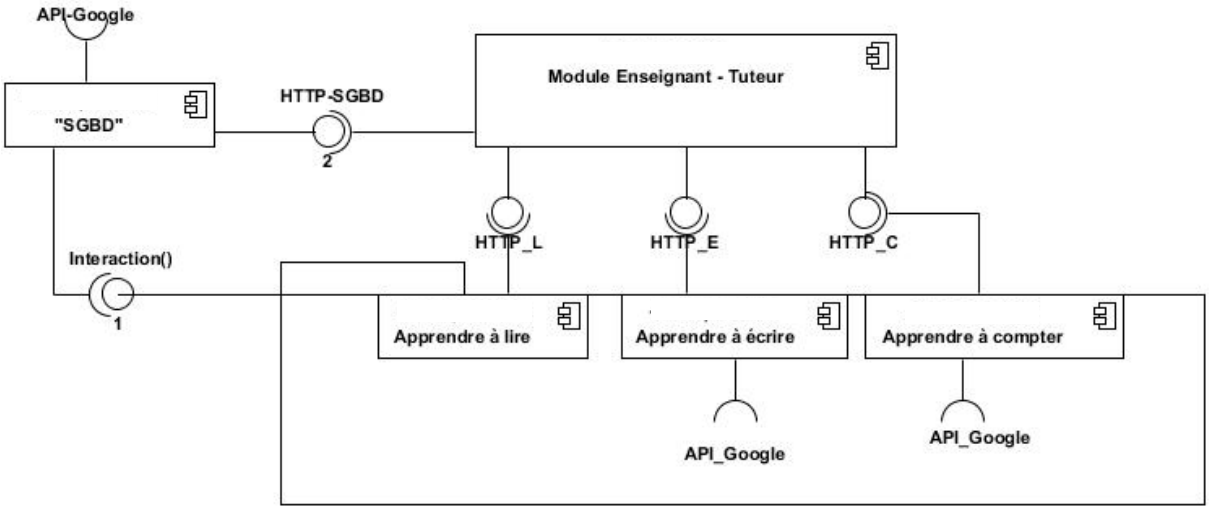


Figure XIII.4 Structure composite de l'application « alfabetagasy »

Le composant Enseignant - Tuteur permet aux pédagogues ou aux spécialistes de la formation de proposer les formations et fournir les ressources pédagogiques nécessaires à travers le composant SGBD. Il peut communiquer avec les apprenants par le biais des différentes interfaces http.

Sur la Figure XIII.4, l'API-Google fournit les services web Cloud qui permettent l'interaction avec une autre application. Dans la version actuelle, le module « apprendre à lire » n'est pas en interaction avec API-Google. Elle permet d'envoyer le feedback sur les évaluations à temps réel des activités pédagogiques en écriture.

Chapitre XIV. Expérimentations

L'expérimentation de l'application s'est déroulée en deux phases. La première phase a eu lieu en juillet 2018 et la seconde de septembre 2021 à février 2022. L'une et l'autre traitaient des supports numériques pour la formation. Partant de l'hypothèse que l'organisation de la formation change en fonction du type de supports utilisés nous avons, dans la première phase, procédé à une expérimentation utilisant comme support un espace numérique en ligne dédié à la formation à distance classique. Cet espace numérique est la plateforme « E-space » de l'Université Cergy Pontoise qui avait la particularité de ne pas permettre l'accès par smartphone.

Ensuite, grâce à un financement de l'association NIC-MG de l'ISOC (le gestionnaire du nom de domaine de Madagascar), nous avons pu, dans une seconde phase, réaliser un autre test d'une durée de cinq mois. L'application était alors sur son propre serveur et disponible sur le smartphone avec son logo similaire à celui du livre « *Lala sy Noro* ». La production des exercices du test était effectuée via le smartphone et leur évaluation se basera sur les API de Google. Avant de présenter le déroulement de l'expérimentation, nous exposons dans le paragraphe suivant le protocole de l'expérimentation.

XIV.1 Protocole expérimental

Développer une application numérique pour le niveau de l'éducation de base participe d'une opération de promotion de la culture numérique et d'une incitation à l'appropriation de ses outils non seulement par les enfants, mais aussi par le reste de la population non instruite. En prenant pour cible une population d'analphabètes, l'expérimentation de l'application d'apprentissage avait pour but d'étudier **les comportements de nouveaux apprenants** face à des outils numériques qui leur permettraient de réaliser leurs premiers apprentissages en éducation de base. Il s'agit de **tester l'influence des environnements informatiques** sur leur motivation à apprendre.

Deux supports télématiques différents que l'on retrouve de plus en plus dans les pratiques de la pédagogie moderne ont été mobilisés pour étudier l'appropriation du numérique : l'ordinateur de travail et le smartphone. Nous avons pour cela organisé deux expériences avec des individus différents.

La condition commune pour participer à l'un ou l'autre groupe est d'avoir déjà manipulé un téléphone portable. Les **paramètres** sont la version numérique du manuel, l'âge, la préoccupation et le niveau de connaissance de l'apprenant. Les **facteurs constants** sont le lieu d'apprentissage, le débit de la connexion et le support physique de la plateforme d'apprentissage. Les **variables** à étudier sont : le comportement de l'apprenant face à un apprentissage dans un environnement numérique; les problèmes rencontrés qui entraînent le blocage, la cause de la démotivation des apprenants pendant la formation, face à la mise en situation avec une nouvelle application pédagogique et numérique d'apprentissage de base de la langue malgache écrite et orale, leur opinion à propos de la nouvelle méthode par rapport à un ancien support pédagogique qu'ils ont déjà utilisé, leur attitude face à la nouvelle présentation et le mode manipulation de la plateforme.

Les **variables observées** correspondent à l'appropriation de la plateforme d'apprentissage, par le biais des interactions successives, ainsi que les stratégies de résolution des difficultés au cours de l'apprentissage. Nous présumons que le nombre élevé d'interactions favorise l'appropriation de la plateforme et les progrès en langue malgache chez chaque apprenant. La grille d'observation de ces interactions et comportements permettra de mesurer leurs niveaux de compétences en littératie numérique. Le recueil de leurs commentaires (variables psychosociologiques : opinions, représentations, attitudes) et les évaluations de la progression dans les exercices proposés par la plateforme seront les indicateurs des variables en compétence linguistique orale et écrite.

Les populations cibles sont les analphabètes détenteurs de smartphone et aussi les spécialistes en formation dès le niveau de base. Pour la version mobile, nous avons mis à la disposition des enseignants testeurs des smartphones et, pour la version à distance sur la plateforme « e-space », nous avons mis à la disposition des apprenants des ordinateurs de travail.

L'analyse des données est basée sur le traitement de traces numériques collectées pendant les interactions de l'apprenant dans l'application. Un système à base de traces, une base de données MySQL et le python sont les outils informatiques utilisés pour mener l'expérimentation.

Avec les deux supports physiques, nous avons deux différentes versions de l'application. La première expérimentation s'est déroulée sur la plateforme à distance « e-

space » de l'Université Cergy Pontoise depuis une salle de formation à Madagascar, et la seconde expérimentation était avec les téléphones portables ITEL A16+.

Première expérimentation en salle a eu lieu avec 08 ordinateurs de bureau, et 2 tablettes et s'est déroulée en juillet 2018

L'expérimentation en salle de formation se fait sur une durée d'une heure et demie par jour pendant trois jours successifs. La salle est équipée d'un réseau internet ADSL, six ordinateurs de bureau et deux ordinateurs portables. Une formatrice est à la disposition des personnes observées pendant l'expérimentation. Cette formatrice assure la résolution des problèmes que peuvent rencontrer les testeurs dans la salle d'expérimentation ainsi que les apprenants qui travaillent en binôme dans la salle de formation.

La seconde expérimentation était sur des terminaux Android et s'est déroulée de septembre 2021 à février 2022

L'objectif de l'expérimentation sur mobile était d'étudier les améliorations apportées sur l'application entièrement en ligne et sans l'assistance de la conceptrice. La plupart de la formation s'est déroulée dans un espace clôturé, une cour, avec quelques smartphones et un réseau Internet avec un crédit de consommation de 100 Mo par jour. L'animatrice saisit les informations concernant l'apprenant pour son inscription et authentifie chacun de ses accès à l'application.

XIV.1.1 Échantillonnage

Apprenants du premier groupe ou première phase d'expérimentation *:*

Étant donné que l'expérimentation se déroule avec des personnes en situation en voie d'alphabétisation, il est important d'incorporer un protocole d'échantillonnage qui puisse organiser une formation fructueuse pour l'ensemble des apprenants et aussi pour le travail de recherche. Pour ce faire pour le premier groupe d'expérimentation, la période d'observation accompagnée par l'équipe de recherche pédagogique a commencé en octobre 2017 et s'est achevée en septembre 2018.

Le problème de connexion n'est pas pris en compte au cours de cette phase d'étude. Nous avons ainsi évité les difficultés engendrées par la connexion en demandant un forfait de débit pendant les trois jours de formation. Ce qui veut dire que les apprenants se déplacent au centre de la formation, où on leur recommande le type de connexion adapté à la formation pour se connecter depuis chez eux.

Compte-tenu des difficultés de communication, nous avons adopté la stratégie suivante pour mettre en contact futurs apprenants et testeurs [84]: nous les avons contactés 7 mois avant le début de la formation et avons constitué des binômes pour briser la glace entre les adultes. Notre échantillon est constitué par une vingtaine d'apprenants de plus de 20 ans dont 13 femmes et 7 hommes issus d'une centaine de personnes en situation d'alphabétisation sur une petite commune urbaine de Fianarantsoa. Ils habitent tous à la grande ville de Fianarantsoa[85] et sont issus de différentes ethnies. La plupart des femmes sont des femmes de ménage et les hommes sont des commerçants, marchands de produits locaux (cf. en annexe). La majorité des testeurs ont quitté l'école en deuxième année du cours moyen.

La disponibilité et l'acceptation d'apprendre en autonomie sont les conditions qui ont déterminé la sélection des apprenants, mise à part la possibilité d'achat d'un téléphone portable. Les prérequis reposent sur les compétences en numérique mesurables en fonction de leur aisance avec le téléphone portable. Nous avons choisi principalement des apprenants qui ont l'habitude de le manipuler ou sont assez à l'aise avec.

Pour des raisons pratiques, les testeurs sont des personnes expérimentées qui collaborent avec le chercheur depuis une quinzaine d'années dans une institution de microfinance. Elles ont toutes l'expérience de l'observation de terrain et le chercheur a pu mesurer leur compétence pendant la réalisation d'une étude sociologique qui a duré plus d'une année. Elles ont été choisies aussi en raison de leur aisance avec les outils numériques et de leurs convictions favorables à l'informatisation.

Apprenants du deuxième groupe ou deuxième phase d'expérimentation :

Avec le financement du NIC-Mg, nous avons pu installer l'application dans les smartphones pour les mettre à la disposition des cibles. Avec le prérequis de l'application, nous avons sensibilisé les enfants de la rue qui fréquentent systématiquement le cyber. Ils sont des groupes de 8 à 14 ans et nous avons eu 120 apprenants-testeurs pour la ville de Fianarantsoa I, 50 apprenants pour Ambohimahasoa et Ambalavao, et 31 pour Akany Angaragarana AnosyBe Antananarivo. La répartition par âge et genre des testeurs sur la Figure XIV.1. Pour les 201 testeurs, nous avons eu 12 animatrices dans la zone urbaine de Fianarantsoa 5 pour Ambohimahasoa et 5 pour Ambalavao. Étant donné le nombre des enfants en ville, chaque animatrice a formé 10 apprenants à Fianarantsoa et 5 apprenants par animatrice pour

[84] Les testeurs sont des membres qui sont associés à l'équipe de recherche.
[85] À 406 km au Sud de la capitale de Madagascar.

Ambalavao et Ambohimahasoa. Pour Akany Angaragarana, l'association s'est organisée pour que chaque membre de l'Akany bénéficie de l'application.

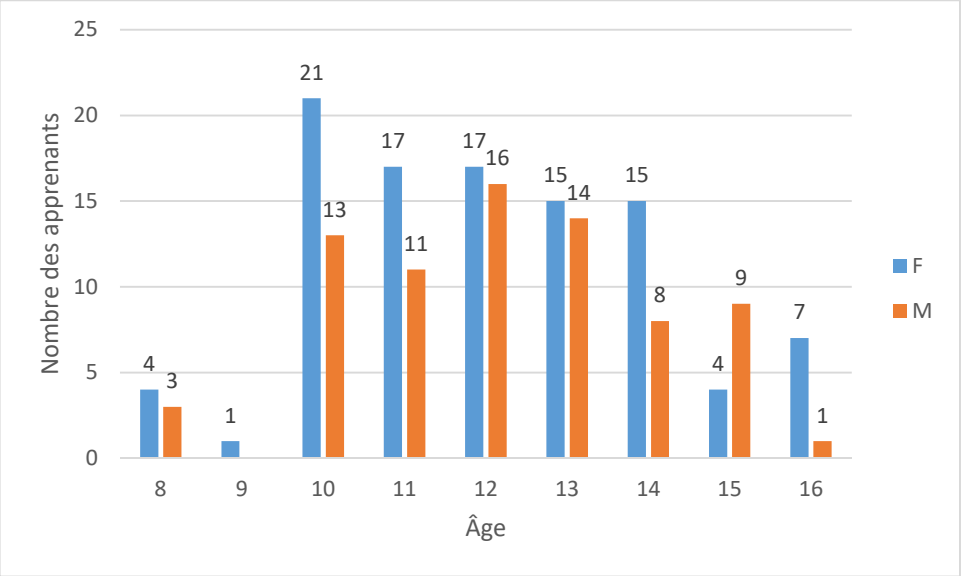


Figure XIV.1 Répartition des testeurs par âge et genre

Les recrutements des enfants en ville se font à travers un cybercafé proche d'un marché public. 20 enfants parmi eux ont pu se familiariser avec le cybercafé, pendant 20 minutes, pour regarder des documents YouTube sur Internet, sachant qu'il faut se connecter au minimum 10 minutes dans ce cyber au prix de 30 Ariary la minute. Ils habitent à moins de 800m de ce cyber, mais se répartissent sur 3 quartiers. 16 habitent dans une zone reculée de la ville et proche d'un vignoble. Le reste est recruté à partir de la sensibilisation via le bouche à oreille.

Ambalavao et Ambohimahasoa sont deux districts au Nord et au Sud de la région Haute Matsiatra à 56 km de la ville de Fianarantsoa. Ils se trouvent sur la Route Nationale numéro 7. Les apprenants y sont recrutés grâce à une sensibilisation et par le bouche à oreille.

Akany Angaragarana AnosyBe est un centre d'éducation pour les enfants démunis âgés de 10 à 16 ans. Ce centre soutient les enfants jusqu'à l'obtention du brevet d'étude du premier cycle. Les enfants analphabètes ont suivi la formation avec le smartphone selon l'emploi du temps organisé par le centre.

XIV.1.2 Méthode d'analyse des résultats

Au point de vue technique, les méthodes d'évaluation sont classées selon deux types d'approches : (i) *l'approche empirique* qui se base sur la mesure des performances d'utilisateurs représentatifs de la population finale, lors d'expérimentations, et (ii) *l'approche analytique* qui prend en compte des modèles de l'interface et de l'interaction homme-machine, l'évaluation étant réalisée en comparant l'interface à un modèle de référence (Senach, 1990a: 1990b) cité par (Kolski et Grislin, 1995).

L'IHM conçue est destinée aux utilisateurs qui ont un niveau de connaissances de base numérique correct. Dans ce cas, la mesure de performance de l'utilisateur représentatif de la population qui nous intéresse ce qui nous vers l'approche empirique. Un questionnaire est alors établi pour collecter les informations sur le degré de satisfaction des apprenants pendant l'apprentissage et est l'outil métrique utilisé.

XIV.2 Expérimentation avec « e-space »

« E-space » qui est la plateforme à distance développée par l'équipe en ingénierie pédagogique de l'Université Cergy Pontoise, Paris, est payante et a une accessibilité restreinte. Il intègre une application de « bac-à–sable » et c'est sur ce module que nous avons réalisé l'expérimentation. La langue de communication y est le français, langue étrangère pour les jeunes malgaches. La plateforme est accessible via une URL sur le navigateur « Mozilla Firefox », mais seulement sur les ordinateurs de travail. Le plan de la plateforme est adapté à une infrastructure d'école. Tandis que l'interface est compréhensible pour l'environnement d'apprentissage que nous testons, la langue de communication en revanche est exclusivement le français et le mode manipulation ressemble à celui de la plateforme MOODLE. Nous présentons dans le paragraphe suivant les outils que nous avons utilisé pendant l'expérimentation qui ici, nécessite donc la présence d'un administrateur-système

XIV.2.1 Les outils de la plateforme de formation « e-space »

Outil de profil : chaque identifiant correspond à un profil dans la plateforme « e-space » et l'administrateur « master » a pour fonction d'affecter son profil à chaque utilisateur. Pour notre expérimentation, nous avons trois types de profils :

- **Administrateur de la formation** : il est l'enseignant qui utilise la plateforme pour réaliser la formation. Dans ce cas, il assure la description de la formation, les objectifs de la formation, les activités pédagogiques à réaliser, la durée de la formation, et les

ressources pédagogiques. Dans notre cas, le thésard a eu ce profil. C'est lui qui verrouille tous les accès à la fin de la formation.

- **Tuteur** : « e-space » tient compte du rôle de tuteur dans la formation. Le profil d'accès du tuteur est dédié au suivi pédagogique des apprenants au cours de la formation dès le début jusqu'à la fin. Dans notre cas, le thésard a aussi tenu ce rôle.
- **Testeur**. L'apprenant est le testeur. Il a l'accès aux différents espaces qui lui permettent de réaliser la formation (salle de classe, casier pour le dépôt des exercices, bibliothèque pour les sources pédagogiques, …)

Outil de ressources pédagogiques : dans cette plateforme, les ressources pédagogiques sont déposées à un endroit où les tuteurs et les apprenants ont le droit de consulter. Le format des ressources dépend des propositions de l'enseignant. Dans notre cas, c'est la version scannée du livre « *Lala sy Noro* » dans le format PDF et les consignes sont des prises vocales.

Outil de production : outre l'e- mail, le chat et le forum, les outils de production intègrent un espace pour le dépôt des travaux effectués. La plateforme intègre ces outils pour réaliser les activités pédagogiques recommandées par l'enseignant et le tuteur durant la formation.

Outil de suivi : les traces des mails envoyés et reçus, les traces des conversations chat et forum sont les outils de suivi.

Outil d'évaluation : on reçoit la plupart des feedback par mail. Sauf le feedback pour les échanges synchrones qui sont accessibles dans les fils d'échange avec le tuteur ou l'enseignant.

XIV.2.2 Déroulement de l'expérimentation

Nous avons appris à lire et à écrire les lettres « a » et « l » et reconnaître l'écriture chiffrée de 1 à 100 pour trois jours de formation de 8 à 11 heures le matin. Pour les 20 testeurs, la salle a été équipée de 6 ordinateurs de bureau, 02 ordinateurs portables et 02 testeurs ont apporté leur propre tablette. Pour les trois jours, une connexion ADSL à 126Kbs a été réservée et les 21 utilisateurs de la salle (20 testeurs et l'animatrice n'ont eu aucun problème d'électricité. Un ordinateur est utilisé par 2 apprenants en général).

Pour respecter l'heure, la salle de formation est ouverte 30 minutes avant le début de la séance et reste ouverte une heure après. Les testeurs utilisent les ordinateurs prêts à se connecter à l'application et n'ont pas à procéder à leur lancement ni à leur propre authentification (les authentifications sont enregistrées dans les cookies des navigateurs pour gagner du temps).

Les testeurs étant analphabètes, l'animatrice joue le rôle d'un tuteur « accompagnateur » tout au long de la formation. Chaque testeur est équipé par le tuteur d'un cahier et d'un stylo bleu afin de réaliser les exercices écritures.

1er jour de la formation : Une séance de formation sur la présentation de l'application et le livre « *Lala sy Noro* ». Après, une séance de prise en main sur l'utilisation de la souris et quelques touches de fonctionnement du clavier. La formation commence après ces séances. Les testeurs quittent le lieu de la formation une heure après l'heure prévue. C'est la séance de découverte totale de l'ordinateur et de l'application.

2e jour de la formation : les testeurs sont tous présents 30 minutes avant le début de la formation. Le temps au démarrage des ordinateurs permet des échanges entre les testeurs et le tuteur. Les conversations sont orientées vers le développement de la curiosité.

3e jour de la formation : les testeurs commencent l'apprentissage une dizaine de minutes plus tôt et terminent la séance de formation du dernier jour à 13h (2 heures de plus). Ils ont semblé motivés et soucieux de s'exercer le plus possible puisqu'ils ne se sont accordé aucun moment de discussion ou d'échanges. Certains ont même commencé à s'essayer à la navigation sur Internet. La motivation pour la formation semble bien en place.

XIV.2.3 Résultats de la première expérimentation

Du côté technique :

La première utilisation de la plateforme a provoqué des questions sur la signification du travail sur la plateforme. « Est-vraiment une salle de classe ? Prouvez – nous qu'il s'agit bien une salle de classe ! ». En effet, les présentations aussi bien de l'objectif de la formation, que du manuel et des commentaires sont dans un codage image.

La version PDF du manuel disponible sur l'espace apprenant les a rassurés qu'il s'agit bien d'une formation pour apprendre à lire et à écrire sa langue maternelle. Les apprenants qui ont utilisé l'ordinateur portable et l'ordinateur de bureau sont arrivés plus tôt pour utiliser et afficher sur écran cette version. À ceux qui disposaient de leur propre tablette, l'animatrice leur a appris à l'utiliser hors connexion et c'est pour eux une fierté totale que d'avoir ce livre mythique sur sa propre tablette et d'être libre de l'utiliser le temps qu'on veut. Les remarques, chez l'ensemble des testeurs, ont porté sur leurs souvenirs d'enfance et sur la perspective de travailler avec le support que leurs enfants utilisent, pour les plus âgés.

La durée prévue pour la formation n'a pas été respectée parce que dépassée. Pour ceux qui ont utilisé les ordinateurs, le mode de fonctionnement de cet appareil avec la souris et le clavier les a intrigués. Leur curiosité par rapport au numérique a été initiée. On a constaté que les utilisateurs de la tablette se connectent une fois par jour pendant 2 minutes en moyenne. Ils se soucient beaucoup de la véracité des informations fournies par l'ordinateur. Ils demandent des assurances sur l'exactitude de ces informations :" vous avez proposé les informations de ce livre à l'ordinateur. Mais comment saurions-nous que c'est du vrai ou de l'arnaque pour les autres informations qu'on va trouver dans cet appareil ?".
Le 3e jour de la formation, certains apprenants ont commencé à naviguer sur la plateforme. Pendant cette navigation, ils se sont entraidés pour savoir ce qui est derrière le clic et pour continuer la découverte en évitant les mauvaises surprises.

Du côté pédagogique : un questionnaire de satisfaction a été rempli avec une autre animatrice pour avoir leur remarque sur l'organisation, la technologie et la pédagogie. Ils sont satisfaits sur les contenus proposés, sur les activités réalisées, sur les accompagnements par le tuteur et sur la disponibilité du tuteur à répondre à leurs problèmes ou leurs questions.
Apprendre à lire et à écrire les lettres « a » et « l », déchiffrer de 0 à 100 était l'objectif de la formation. Nous avons constaté que le premier jour de formation a ralenti l'apprentissage. Au troisième jour de la formation, 5 apprenants arrivent à identifier et à écrire la lettre « a ». L'apprenant avec la tablette arrive à lire et à écrire les deux lettres après 7 jours en semi-auto apprentissage.

XIV.3 Expérimentation avec « αβGasy@mobile»

La plateforme « αβGasy@mobile» est une application sur « Android » et est téléchargeable à partir d'une adresse URL. Elle est hébergée par un prestataire[86] de services informatiques reconnu dans la zone Océan Indien dans ce domaine des services. Le système d'exploitation Android version 5 et plus avec un écran de 5 pouces et plus fonctionne bien avec l'application. Les configurations de base comme le statut du débit de la connexion et la résolution de l'affichage sont intégrées dans la programmation de l'application. Nous faisons la maintenance de l'application chaque mardi entre 14h à 16h.

[86] SIMAFRI

Basés sur le basculement d'un livre manuel vers une plateforme numérique, la présentation est alors simple qui permet d'utiliser directement la plateforme comme si l'apprenant utilisait à la maison le livre pour s'exercer.

XIV.3.1 Les outils de la plateforme

Outils de profil : Du côté utilisateur, nous avons deux profils :

- **Animatrice**: Elle joue le rôle d'un **tuteur**. Dans cette version, elle saisit les informations complètes des apprenants et fournit à l'apprenant son login et le mot de passe. Elle doit mémoriser ces informations pour chaque apprenant.
- **Testeur** : dès que l'authentification est validée, le testeur peut accéder à l'apprentissage.

Outil de ressources pédagogiques : les ressources pédagogiques sont inspirées par le support pédagogique « *Lala sy Noro* ». Nous avons retravaillé la qualité des images et des lettres avec les logiciels de traitement d'images. Les images du livre « *Lala sy Noro* » sont mélangées avec de nouvelles illustrations prises par des appareils photos de haute qualité. Des images GIF ou « Graphic Interchange Format » de chaque lettre et des mots ont été conçues pour le modèle pédagogique en écriture. Ces images sont intégrées dans l'application. La prise de voix et l'enregistrement d'une institutrice ont été faits pour le modèle pédagogique en lecture des lettres et des mots. Ceci est intégré dans l'application. Ces ressources pédagogiques sont disponibles sur chaque page d'apprentissage.

Outil de production : par manque des ressources physiques sur la phonétique en langue malgache, l'outil de production en lecture est sous forme d'un jeu assez basique. Le microphone interne du smartphone intervient pendant l'apprentissage de lecture. La page calligraphiée et le touchscreen sont les outils de production pour apprendre à écrire.

Outil de suivi : Deux types de suivi existent dans l'application

- Du côté utilisateur**, l'historique des réalisations** : chaque exercice réalisé est stocké dans un répertoire du dossier de l'apprenant pendant une durée déterminée. Il est consultable par l'apprenant pendant l'apprentissage.
- Du côté enseignant**, l'interaction effectuée pendant un intervalle de temps** sert de repère ; une interface pour l'expert en pédagogie est disponible au cas où l'enseignant voudra consulter les réalisations pédagogiques des apprenants.

Outil d'évaluation : le score obtenu pendant le jeu est l'outil d'évaluation pour la lecture. L'API Google sur les services « Google Vison features, Including image labeling, face, logo and landmark detection, Optical Character Recognition (OCR), Detection of explicit content » est l'outil d'évaluation pour l'apprentissage « écriture ». L'évaluation est calculée par rapport au pourcentage de ressemblance et la notation de l'apprenant utilise « l'échelle de Likert ». Un dialogue audio-visuel entre le testeur et l'application existe pour le feedback de son activité réalisée.

XIV.3.2 Déroulement de l'expérimentation

L'application est installée dans le smartphone de l'animatrice et parfois dans des smartphones des testeurs qui veulent participer à la formation. Nous avons utilisé 25 smartphones utilisés pendant la phase de test : 10 financés par NIC-MG et les 15 autres sont la propriétaire des animatrices. Nous avons dédié 100Mo par smartphone et par jour pour la connexion à l'application.

L'animatrice a la main sur l'organisation de la formation. La liste des testeurs et la présence des testeurs sont récupérées dans la base de données MySQL de l'application.

Avoir manipulé un téléphone portable est le prérequis de la formation. Le nombre des testeurs obtenus dépend de la motivation des animatrices. En ajoutant à ces charges la maintenance des smartphones, le recrutement des animatrices a été très difficile.

Premier contact avec les testeurs. En général, la présentation à la fois de l'application sur le smartphone et la version manuelle de « *Lala sy Noro* » a facilité le recrutement des testeurs. Nous avons limité le nombre de testeurs par animatrice. L'animatrice saisit les informations complètes de chaque testeur et lui donne un mot de passe.

Pendant la formation, chaque testeur a 5 minutes pour apprendre et après un « game over », il doit passer le smartphone au suivant. En attendant leur tour pour apprendre avec le smartphone, les enfants apprennent à s'exercer à écrire sur le sol avec une petite pierre ou une tige de bois.

Pour un suivi sur le terrain, nous avons organisé une formation obligatoire sur les trois sites de formation chaque samedi matin du 8h à 10h. En général, les enfants arrivent tôt sur le lieu de la formation pour pouvoir apprendre un peu plus longtemps avec le smartphone. Chaque testeur amène un de ses amis à la session suivante de formation.

Organisation particulière de la formation : on réalise une séance de lave main à chaque début de la formation. Cette séance est suivie d'un partage de petit-déjeuner. À la fin de la formation, chaque testeur reçoit en cadeau un crédit de connexion de 10 minutes qui est payé directement à la propriétaire du cybercafé. Après cette dernière opportunité, les enfants quittent ensemble le lieu de la formation.

Sur les deux autres sites, les testeurs sont presque tous des paysans et ont du temps pour exercer l'apprentissage. Le problème de réseau est le seul dérangement pendant la formation. Le NIC-Mg (Internet Madagascar) a motivé les animatrices en leur proposant 10 000 ariary par apprenant-testeur. Elles touchent cette prestation dès que le testeur a la compétence de lire et écrire 15 lettres sur les 21 de l'alphabet malgache.

XIV.3.3 Résultats de la deuxième expérimentation

Aspect technique : la présentation de l'application avec la version papier a suscité la curiosité des apprenants, puis aidé à leur compréhension « de quoi il s'agit ? ». Pour la formation de prise en main, on choisit un testeur pour débuter l'apprentissage et les autres le suivent toutes les 10 minutes. Cette séance de formation n'a pas pris beaucoup de temps. Tenir un smartphone a attiré leur attention et a suscité leur motivation pour apprendre.

Le problème de déconnexion de l'application est le plus fréquent, et génère une frustration chez les apprenants. C'est la raison pour laquelle nous devons tester la fluidité de la connexion avant de démarrer l'apprentissage.

Chaque apprenant a sa manière de tenir le smartphone, qui a un impact sur l'apprentissage à écrire avec la main sur l'écran tactile.

L'absence des animatrices a un impact sur la motivation des testeurs. Ils ne seront plus ponctuels dès qu'une séance de formation n'a pas eu lieu pour une raison d'absence de l'animatrice.

Aspect pédagogique : la présentation proche de l'original du livre a rassuré les testeurs. Donc, la réalisation des activités pédagogiques n'a pas présenté de difficultés.

Il faut néanmoins gérer la durée d'attente du tour qui provoque des disputes entre les testeurs.

XIV.4 Bilan général

Avec les mêmes objectifs, mais à deux différentes présentations de l'application, nous avons réalisé deux différentes expériences autonomes. Étant une nouvelle plateforme de base en

compétence linguistique et numérique, nous établissons un bilan général de ces deux expériences pour aboutir à une démarche prospective dans les prochaines étapes. Pour la réalisation, nous nous inspirons de la méthode d'évaluation d'un EIAH étudiée à la section IV.1.2.

Dans le bilan sur l'utilisabilité de l'application « αβGasy@mobile », nous pouvons citer les propriétés suivantes :

- Le « mapping » compétence utilisateur-plateforme :
- Le langage formel centré utilisateur ;
- Les activités pédagogiques interactives
- Les charges de travail basic

Le mapping compétence utilisateur-plateforme est disponible à partir de l'outil « commande décisionnelle ». Les résultats empiriques sur l'utilisation de cet outil (Razanakolona, et al., 2022) énumèrent ses spécificités lors de son usage, notamment lors de l'apprentissage. C'est un système dynamique et se mesure par rapport aux informations qu'il fournit. Les découvertes sont illimitées pour les apprenants.

Le langage formel centré utilisateur définit par les présentations numériques utilisées pour le basculement de la présentation papier du livre « *Lala sy Noro* » vers le support numérique ou l'application. L'efficacité de cette modalité de présentation a été appréciée par les deux groupes d'apprenants. Les comportements face aux changements sur la modalité d'apprentissage attestent l'adaptation de l'apprenant à l'application. Les deux groupes d'apprenants ont les mêmes réactions au premier contact du support pédagogique.

Le type d'activité hyper-interactive, notamment le feedback personnalisé dans le système, appuie la perception de l'apprenant sur le nouvel EIAH et l'acceptation de la méthode de la pédagogie moderne. Les apprenants du deuxième groupe sont hyper-actifs pendant l'apprentissage.

Les charges du travail sont centrées sur la compétence de l'apprenant ainsi que sur l'Interface Graphique Utilisateur –GUI. Pour l'application avec le smartphone, le noyau fonctionnel de l'Interaction homme-machine intègre des applications qui améliorent l'influence réciproque entre l'utilisateur et l'application. Les apprenants du deuxième groupe ont compris facilement le mode de manipulation de l'application.

L'utilité est basée sur les propriétés suivantes :

- La fonction de médiation centrée utilisateurs ;
- La prise en compte de l'expérience de l'utilisateur ;
- La fonction de communication interactionnelle ;
- La fonction d'apprentissage basique ;

Les fonctions médiations centrées sur les utilisateurs correspondent à la compétence de l'apprenant. Ces fonctions créent facilement la relation pédagogique numérique avec l'apprenant. Ainsi, la réalisation des activités n'a pas rencontré des difficultés ou des démotivations de la part de l'apprenant.

L'objet construit accueille l'apprenant avec ses expériences acquises. Les relations de l'apprenant avec le nouvel objet s'amélioreront progressivement vers la relation « appropriation ». L'addiction au numérique est acquise au premier contact de l'application pour les apprenants du deuxième groupe. Le premier groupe a accepté définitivement l'usage de l'ordinateur au troisième jour de la formation.

La fonction de communication interactionnelle rassure les apprenants sur la communication mutuelle avec l'application. Les réponses aux requêtes envoyées arrivent à temps ce qui pousse les apprenants à engager la pratique. Les formations de prises en main n'ont pas pris beaucoup du temps.

Les fonctions d'apprentissage basiques qui évoluent avec les connaissances acquises de l'apprenant simplifient l'intégration de l'apprenant dans l'usage du numérique pour atteindre son objectif. La peur de toucher un ordinateur est surmontée pour le premier groupe.

L'acceptabilité ou l'efficacité de la pédagogie semblent basées sur les critères suivants :

- Interface graphique familiarisée ;
- Contenus pédagogiques familiarisés ;
- Compatibilité à la compétence de l'utilisateur final

L'Interface graphique familière rassure psychologiquement sur le basculement d'un manuel papier vers un manuel numérique. Les différents retours positifs pendant l'évaluation de l'application concernent la fiabilité des informations, l'esthétique et une ergonomie plus intuitive, une réelle disponibilité et portabilité de l'application, la simplicité de la présentation par rapport aux compétences de départ de l'apprenant.

Évaluation sur le degré de satisfaction :

Sur les 201 questionnaires envoyés aux apprenants, 87% parmi eux ont répondu « OUI » sur (1)Annexe III) la satisfaction d'utilisation de l'application. Cette réponse est déjà attendue dès le début de la formation, car ils l'approprient facilement. L'autonomie sur l'utilisation est acquise dès que la formation de prise en main est faite.

XIV.5 Discussions générales

Rappelons que notre travail de recherche consiste en l'étude de la relation de l'apprenant avec une application numérique dans le domaine de l'apprentissage humain. Notre cadre théorique est centré utilisateur ce qui nous mène à étudier son comportement pendant la réalisation des activités pédagogiques. Nous avons articulé les théories des interactions homme machine, de l'Intelligence Artificielle et des Sciences de l'information et de la communication pour atteindre les objectifs.

Notre étude a proposé une relation numérique basée sur la taxonomie de compétence en numérique. Si seulement, cette relation est acquise, mais que l'objectif d'usage n'est pas fluide, il est fort probable que l'appropriation de l'application n'ait pas lieu.

L'objectif d'usage de l'application avec les conditions de la compétence en numérique forment notre EIAH. L'appropriation de l'Internet est acquise pour le premier groupe et le smartphone avec l'Internet pour le deuxième groupe.

L'utilisation du numérique demande un minimum de connaissances, et favorise l'auto-apprentissage. Pour les utilisateurs à faible compétence, devant un outil numérique, le protocole langage lui permet de résoudre son problème de compréhension. Cela explique l'importance de la familiarisation avec l'ancienne présentation. Ce qui signifie que le basculement vers une nouvelle présentation rafraîchit les connaissances antérieures de l'ancienne présentation.

Nous avons identifié trois types de blocages dans le processus d'apprentissage. La « routine » est le plus difficile à gérer alors que c'est lui est le plus fréquent. La méthode IA est la seule solution qui peut résoudre ce problème, mais sera avec un smart data.

La difficulté sur la façon de maintenir le smartphone est aussi un problème fréquent pour le deuxième groupe. Utiliser le « touchScreen » avec le doigt n'est pas évident. Un stylet capacitif est nécessaire ; ce dernier concept entraîne un lieu dédié pour l'apprentissage, et des cahiers et stylos pour que les autres en attente du tour peuvent s'exercer.

L’interruption de l’application avec une longue attente et la formation non réalisée pour une date bien déterminée sont les facteurs majeurs de démotivation. L’application est jugée comme si elle n’est pas sérieuse et ce sera aussi le cas pour l’animatrice pour une séance non réalisée.

Leur opinion à propos de la pédagogie moderne : utiliser un smartphone qui intègre à la fois l’enregistrement de la voix pour l’exercice en lecture, la calligraphie pour les exercices écriture, les évaluations immédiates ont impressionné les apprenants sauf qu’ils préfèrent que chaque apprenant utilise un smartphone à chaque apprentissage et non pas 1 smartphone pour 5 apprenants.

Partie V- Conclusion générale et perspectives

Contributions majeures

Acculturation du numérique dès le niveau de base : promouvoir la littératie numérique en proposant une méthode valable pour tout type d'usage et pour tout usager intéressé. La méthode se construit à partir d'un usage en cohérence avec l'objectif de l'individu et l'objectif du concepteur du dispositif. Les études analytiques des résultats expérimentaux confirment que la cohérence est stable, efficace si et seulement si, il y a une correspondance **(mapping)** entre le profil du dispositif et le profil de l'utilisateur au départ et tout au long de l'apprentissage. Pour un cycle de vie d'usage, les mises à jour des deux côtés sont nécessaires pour respecter les évolutions acquises tout au long des manipulations de l'usager. Nous proposons un algorithme de relations entre la compétence de l'apprenant basée sur le processus d'appropriation de Plantard (Plantard, 2016) la compétence de Buckingham (Buckingham, 2015) et la gestion de profil de Daubias pour un outil numérique ou un dispositif numérique (Jean Daubias et Phan, 2009)

Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain ou EIAH avec une IHM-CNO: Nous étudions le champ scientifique d'un EIAH construit dans une situation pédagogique informatisée. Le concept de notre logiciel est alors basé sur Interface Homme-Machine ou IHM et le contexte d'usage en fonction de la compétence des utilisateurs (Compétence en numérique et compétence sur l'objectif d'usage). Les paramètres « Utilisabilité, utilité et acceptabilité » ont été étudiés minutieusement afin de fidéliser les publics cibles. Les conditions de mise en œuvre seront décrites et informeront de la structure didactique de l'application « αβGasy@mobile » dans l'étude de cas à Madagascar et nous permettra de généraliser l'usage du numérique au niveau de l'enseignement de base.

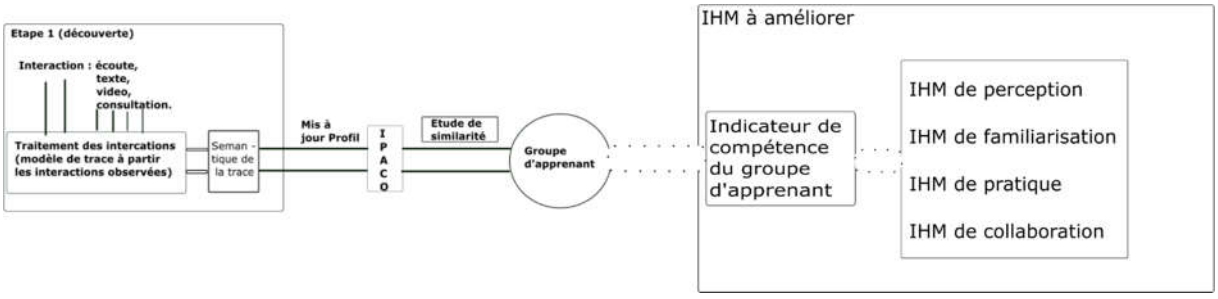


Figure 0.2: Concepts de la solution proposée

Cet EIAH intègre un système de guide orienté apprentissage (*Figure 0.2*) qui est conçu à partir de la taxonomie de compétence en numérique.

Intégration du numérique à la formation des petites classes et en alphabétisation : toute sorte d'éducation est contextualisée par rapport à des objectifs prédéfinis et aux spécificités du public cible. Intégration veut dire « utilisation ». On ne peut pas parler « utilisation » sans interaction entre l'outil et l'utilisateur et la plus-value de cette interaction que nous essayons de transformer en fonction de communication. Cette fonction de communication doit respecter les concepts de l'apprentissage en ligne, à savoir, le principe de l'autoformation. Nous avons défini un type de fonction de communication conçu pour l'application « αβGasy@mobile » à partir d'une étude documentaire sur les médiations en Sciences de l'Information et de la Communication.

Des limites et des perspectives dans un domaine de recherche émergent

Par rapport à notre problématique de départ, qui était de déterminer le type de relation qui existe entre l'apprenant et l'application mise à sa disposition pour l'apprentissage. Nous disposons de la taxonomie des compétences pour initier la détermination au type de cette relation. À l'ère du numérique, l'environnement interactif se développera dans les pratiques à distance dont cette dernière sera appréciée. La preuve, la réforme du système LMD et la réalisation du projet « digitalisation » à Madagascar. À présent, la révolution numérique n'est plus un nouveau phénomène. Stéphane Vial a défini la « révolution numérique » « Elle est une révolution phénoménologique dans les sujets. C'est-à-dire, elle produit une nouvelle coulée phénoménotechnique du monde et refonde la capacité des humains à en faire l'expérience » (Vial, 2012). Ainsi, les travaux de recherche sur le domaine intégration du numérique au développement durable est un pilier à l'addiction au numérique.

Les problèmes de fracture numérique ont un effet sur la performance de l'environnement numérique pour l'apprentissage humain. Dans notre étude, on peut citer l'absence de API-Voice et les faibles ressources éducatives libres en langue malgache. Par ailleurs, la base de notre recherche offre une application adaptée au contexte du niveau de compétence de l'apprenant. La compétence est un phénomène dynamique et évolue avec la pratique. La nouvelle application est conçue pour être en évolution continue avec l'innovation numérique. La pratique actuelle est basique pour les utilisateurs alphabétisés au niveau intermédiaire, et pour intégrer la taxonomie de la compétence en numérique, nous définirons les différents patchs des fonctionnalités pour rendre l'application à la fois plus éducative et initiatrice de la culture numérique dans l'immédiat. Dans la suite des travaux de recherche, nous avons classifié par disciplines ceux qui nécessitent des interventions approfondies.

Premièrement, l'informatique est l'outil technique de la conception des environnements numériques. Il est un phénomène scientifique hyperactif dans notre période et son évolution est loin d'être terminée. Pour rendre notre application plus appropriée pour les utilisateurs, cela demande d'entamer dans les futurs des travaux de recherches les points suivants :

- Approfondir les propriétés d'IHM par niveau de compétence pour la « plasticité » au contexte utilisateur.
- Générer automatiquement le passage de l'IHM au niveau supérieur de compétence en appliquant la méthode « Ingénierie Dirigée par le Modèle »;

- Concevoir l'outil « tuteur intelligent » pour optimiser l'accompagnement des apprenants ;
- Développer une stratégie à peupler la base de connaissance et la base de faits pour la performance de l'application.

Deuxièmement, les Sciences de l'Information et de la Communication assimilent les processus de validation sur l'efficience de l'usage du numérique. Étant donné cette interdisciplinarité, les SIC prennent le rôle d'interlocuteur entre l'informatique et l'utilisateur pour que l'environnement numérique corresponde aux contextes de l'utilisateur. Ce rôle implique le développement des quatre points suivants :

- Approfondir les concepts de la taxonomie en compétence numérique pour développer la culture numérique ;
- Identifier les terminologies pertinentes sur les caractéristiques des IHM dans le domaine de communication avec le numérique (selon les concepts de la taxonomie de la compétence en numérique) ;
- Approfondir les études sur la médiation pour mobiliser l'intelligence collective ;
- Élargir l'application vers l'usage des réseaux sociaux ou le renforcement de l'IHM de collaboration.

Conclusion

Nous résumons à présent les travaux de recherches présentés dans cette thèse sur les relations numériques entre l'apprenant et l'application numérique pour un apprentissage humain dans l'approche de la littératie numérique et la médiation pédagogique. Nous avons proposé une méthode d'abstraction des compétences numériques vers la conception des Interfaces Homme Machine médiatiques selon le contexte de l'objectif d'usage.

Ce travail s'intègre dans le cadre de la conception d'un environnement informatique pour l'apprentissage humain dans le contexte de développement de base. Il consiste à étudier un environnement numérique qui permet aux utilisateurs de rentabiliser l'usage d'un smartphone. La méthodologie de résolutions de problèmes adoptée s'appuie sur le paradigme de l'alphabétisation sur un Android inspirée par la méthode pédagogique du livre « Lala sy Noro ». La structure de cette application est une Interface Homme Machine ou IHM conçu à partir de la compétence numérique de l'utilisateur. Ces IHM sont modélisées à partir de la taxonomie de la compétence numérique, du modèle de comportement de l'apprenant basé sur la méthode réseau bayésien d'influence et un composant de guide pendant l'apprentissage. Chaque méthode est décrite par des études théoriques et deux expérimentations. Nous avons organisé nos travaux en cinq parties distinctes.

Le champ de la problématique élaboré dans la partie I développe le premier et le second degré de l'indicateur de la fracture numérique à Madagascar. Ces inégalités faibles de leurs statuts à Madagascar ne demeurent pas comme telles, mais évoluent progressivement dans le sens positif. Au vu des faibles pratiques des TIC et du taux d'intégration des TIC dans le monde de développement à Madagascar, cette évolution est à l'échelle du coût d'investissement, particulièrement dans les compétences numériques des utilisateurs. L'analyse propose un modèle de communication univoque aux domaines des SIC et de l'Informatique pour une étude centrée utilisateur bien équilibrée.

L'état de l'art dans la deuxième partie a pour objectif d'identifier les composants et les lieux de modélisation de notre problématique à travers les travaux de recherche effectués ultérieurement. Ils se font valoir sur les travaux de recherche de Balacheff portés sur la transposition informatique de la didactique mathématique. Nous avons évoqué aussi les travaux de recherche de Tchounikine sur l'environnement informatique pour l'apprentissage humain, les processus d'informatisation dans le domaine génie logiciel, ainsi que les sources de

connaissances à l'ère du numérique. À l'issue de ces études, nous avons pu élaborer les méthodes et les modèles de conception d'un environnement numérique centré utilisateur.

La troisième partie traite de nos apports dans le domaine de recherche du « Génie Logiciel » basé sur l'approche Intelligence Artificielle ou IA et IHM personnalisée. Elle introduit les littératures fondamentales du fondement de la littératie numérique et le processus de l'appropriation numérique. Les travaux de (Buckingham, 2015), (Plantard, 2016), (Balacheff, 1993), (Pearl J. , 1991) ont illustré nos concepts dans l'étude. Les concepts proposés dans les travaux de recherche de Ballachef nouent la passerelle des concepts informatiques avec les concepts des Sciences de l'Information et de la Communication pour un EIAH de base.

IHM est la frontière entre l'homme et la machine, nous l'avons réalisée selon le contexte de la compétence en numérique de l'utilisateur. Dans la pratique, la taxonomie de la compétence en numérique est la base du concept d'une IHM personnalisée en appui avec les méthodes MACAO et IDM. Les travaux de Plantard sur les étapes de la littératie médiatique dans le contexte de l'éducation et de Buckingham dans le processus d'appropriation du numérique dans le même contexte que Plantard ont aidé à développer cette taxonomie de compétence numérique. Du côté technique, l'approche par l'Intelligence Artificielle basée sur le modèle du comportement de l'utilisateur vu par le Réseau Bayésien d'Influence ou RB-DI constitue l'élément de base du composant de guide pour soutenir l'usage pendant l'apprentissage. Les résultats obtenus par les méthodes statistiques inférentielles du Khi-Deux et de l'Analyse de la Variance (ANOVA) confirment l'impact des compétences numériques obtenus de l'apprenant qui est en cohérence avec le profil pertinent de l'application à l'instant t. Ainsi, on a eu des réponses positives sur le degré de satisfaction de l'application lors des questionnaires déposés auprès des apprenants.

L'expérimentation de l'application avec le smartphone dont nous parlons dans la quatrième partie s'est déroulée en deux phases. Vingt apprenants ont pratiqué l'application pour la première phase sur la plateforme en ligne propre à l'université Cergy Pontoise de juillet à Août 2018. La deuxième phase sur une plateforme mobile de smartphone A16+ ITEL a atteint 206 testeurs. Nous avons comparé l'IHM sans le composant de guide avec l'IHM qui intègre ce dernier module. Le composant de guide incite les apprenants à creuser la fonctionnalité de l'application qui les gêne pour atteindre une partie de l'apprentissage déjà commencé. Ce composant a un impact sur la durée de l'apprentissage et la motivation de l'apprenant. Le mode de manipulation et le nombre de testeurs atteints ont nuancé les résultats obtenus à ces deux

expériences. Nous avons pu étudier l'ingénierie de l'application à partir de leurs traces d'interactions.

Cette conclusion et les perspectives au paragraphe suivant appartiennent à la cinquième partie et terminent ce travail de recherche. Nous avons effectué un travail de thèse pluridisciplinaire, en SIC et en Informatique. Les SIC constituent la partie théorique et pratique l'informatique la partie technique. Les SIC sont une discipline qui a la compétence d'évaluer le mode d'usage d'un dispositif ou d'une application conçue avec des outils informatiques. Nous avons pu dégager les concepts importants suivants :

Du côté SIC, la médiation numérique est basée sur la relation au numérique. C'est à l'issue de la taxonomie des compétences numériques que nous avons pu identifier la relation numérique à quatre niveaux pour une application de mise à la disposition de l'utilisateur :

1. la relation de perception,
2. la relation de familiarisation,
3. la relation de pratique et
4. la relation de collaboration.

Ces types de médiations numériques à travers l'IHM utilisateur soutiennent progressivement l'appropriation du numérique pour atteindre l'objectif.

Du côté technique ou de l'informatique, nous avons des IHM relatives à ces niveaux de médiation :

1. IHM de perception
2. IHM de familiarisation
3. IHM de pratique et
4. IHM de collaboration

Pour la version 0.1 de notre application, l'IHM de perception est conçue par le basculement de la présentation du livre « Lala sy Noro » vers une présentation numérique. Cette approche a facilité l'appropriation de l'IHM de perception. Avec les nouvelles illustrations générées par le composant de guide, l'IHM de familiarisation et la pratique sont entamés tout de suite pour les apprenants très actifs. Cette étape est confirmée par leur assiduité, leur participation à l'apprentissage et par leur partage avec leurs amis pour suivre la formation. Les résultats obtenus aux questionnaires sur le degré de satisfaction d'utilisation de l'application confirment son utilisabilité et son utilité.

Le système d'intelligence artificielle devient rapidement une nouvelle couche d'infrastructure avec un potentiel de transformation. Alimentées par la disponibilité croissante de la puissance de calcul, la connectivité améliorée et le Big Data, les applications d'IA offrent des possibilités intéressantes pour contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable comme l'application « αβGasy@mobile ». La diffusion auprès des bénéficiaires devrait rendre l'application plus performante en termes de données collectées.

Selon certaines citations, « *Les pratiques pédagogiques faisant appel aux TIC qui ne semblent pas avoir un impact positif sur la réussite éducative des étudiants universitaires* » (Karsenti et al., 2007). Nous espérons que notre travail de recherche et d'expérimentation d'un nouvel environnement numérique par l'instauration et le développement de cette application d'apprentissage de base ou d'alphabétisation en langue malgache sera adoptée par nos jeunes citoyens, et ouvrira de nouvelles perspectives pour accéder au marché du travail. Cette application ainsi que de nouvelles à venir vont pérenniser l'utilisation pédagogique des TIC dans tout le système éducatif de notre pays depuis l'enseignement de base, jusqu'à l'université ainsi que dans la formation continue du salarié.

Glossaire

Algorithme : l'algorithme est la description d'une suite d'étapes permettant de résoudre un problème ou d'obtenir un résultat à partir des instructions établies en entrée.

Application Programming Interface ou API est une interface qui définit les protocoles à la création et à l'intégration de logiciels d'applications.

Affordance est la potentialité d'un objet à suggérer à son utilisateur son mode d'usage.

Alphabétisation numérique ou habilité numérique est la capacité d'un individu à trouver, évaluer, produire et communiquer des informations claires par le biais de l'écriture et d'autres formes de communication sur diverses plateformes numériques.

APLUSIX est un framework pour apprendre l'algèbre en mathématique

Apprentissage numérique est la présence des outils numériques à l'apprentissage.

Artefacts est un objet qu'un système artificiel pour peu qu'il soit conçu, fabriqué et utilisé par l'être humain. Par son caractère pluridisciplinaire, l'artefact facilite l'ouverture des dialogues entre chercheurs (Didier et al., 2022).

Banque d'image pédagogique : la banque d'image pédagogique est une base de données des images à l'intention de l'apprentissage humain.

Composant IHM CNO est une interface générée, par rapport au niveau de compétence l'apprenant, lors d'un problème rencontré pendant l'apprentissage.

Curation de contenu (étymologiquement du latin curare : prendre soin et de l'anglais content curation ou data curation) est un néologisme en français correspondant à une pratique qui consiste à sélectionner, éditer, et partager les contenus les plus pertinents du Web pour une requête ou un sujet donné (Dujol et Mercier, 2017).

Diagramme d'activité UML fournit une vue du comportement d'un système en décrivant la séquence d'actions d'un processus.

Diagramme de séquence : le diagramme de séquence est une description graphique des opérations dynamiques d'un système sous un angle chronologique.

Didactique numérique : les conditions favorables pour réaliser l'enseignement par l'intermédiaire d'un environnement numérique.

Dispositif : Lebrun M. donne une définition générale de dispositif comme : un « ensemble cohérent constitué de ressources (matérielles et humaines), de stratégies, de méthodes et d'acteurs interagissant dans un contexte donné pour atteindre un but » (Lebrun, 2005)

Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain ou EIAH est un environnement informatique qui a l'objectif de favoriser ou de susciter des apprentissages humains.

E-learning : terme qui ne se limite pas aux travaux de l'enseignement à distance fondés sur les TIC, mais dénote également les dimensions d'ouverture et de distribution introduites par ce technologies (Derycke, 2002).

Ergonomie : étude des conditions de travail et de l'adaptation des machines à l'homme. L'ergonomie consiste à adapter le travail, les outils et l'environnement à l'homme (et non l'inverse) pour rendre facile l'utilisation d'une machine.

Environnement Numérique de Travail ou ENT ou espace numérique de travail est une plateforme en ligne au service des collèges ou lycées qui permet de suivre les notes, envoyer des messages, à accéder à des cours numériques….

Humanité – digitale : c'est une approche humaine et interdisciplinaire de la technologie pour stimuler la créativité dans les futures de l'innovation numérique.

Interconnexion numérique : elle permet d'échanger, notamment grâce à l'interopérabilité (Lecrosnier, 2016).

Intelligence Artificielle est un « ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine »

Intelligence collective est la mise en commun des compétences, connaissances, créativités, capacités de réflexion et de résoudre de problèmes, … au service d'un objectif commun.

Interaction Homme-Machine : Ensemble d'actions permettant la communication entre un système interactif et son utilisateur humain.

Interface Homme-Machine : Ensemble de dispositifs matériels et logiciels permettant à un utilisateur humain d'interagir avec un système interactif.

Interface Utilisateur : Dispositif qui permet à l'utilisateur d'interagir avec une machine.

ITEL Mobile est une société chinoise de fabrication de téléphones mobiles dont le siège est à Shenzhen, en Chine.

Langage formel est un ensemble de mots sur un alphabet fini.

Le terme **« multimédia »** renvoie à des informations stockées sur des supports multiples et diffusées par le média électronique des systèmes d'information. (Thierry Chanier, 2003).

Littératie numérique : est un mot qui n'existe qu'en anglais. La définition en français n'est pas encore décrite. C'est la compétence en numérique. Il est constitué par les compétences en Digital skills, software skills, identity digital, thinking skills,

Mapping consiste à mettre en correspondance les connaissances de l'apprenant et les informations fournies par l'application.

Massive Online Open Courses ou MOOC est un nouveau type de formation en ligne. Il regroupe des vidéos, du contenu de texte, des forums de discussions et permet de valider ses acquis avec des exercices.

MOODLE est une plateforme d'apprentissage en ligne libre distribué sous la Licence publique générale GNU.

Médiation numérique désigne l'accompagnement humain, qualifié et de proximité, au service de l'inclusion numérique (ARSENIC)

NIC-MG ou Network Information Center est une association qui gère les noms de domaine avec l'extension .mg.

Objets Intérêt ou OI sont les éléments d'interaction constituée par la trace de trois types (entités, évènement et relation). Les entités sont des objets présents pour l'utilisateur dans son interaction, les événements des objets qui ont lieu, qui se passent durant cette même interaction, les relations peuvent lier indifféremment des entités et/ou des évènements.

Prototype : le prototype est le premier type, le premier exemplaire, le premier modèle à valider par l'utilisateur.

Refactoring : refactoring ou la refactorisation est une technique de réutilisation des codes de programmation informatique dans une autre application.

Sérendipité est une forme de disponibilité intellectuelle, qui permet de tirer de riches enseignements d'une trouvaille inopinée ou d'une erreur.

Système interactif : Un système interactif est un système physico-numérique en interaction avec un (ou plusieurs) humain(s) (Coutaz, 2013).

Technologie de l'Information et de la Communication en Éducation/Enseignement ou TICE regroupe un ensemble d'outils conçus et utilisés pour produire, traiter, entreposer, échanger, classer, retrouver et lire des documents numériques à des fins d'enseignement et d'apprentissage.

Tuteur intelligent imite les comportements d'un tuteur humain en adaptant les actions pédagogiques aux besoins d'apprentissage de chacun des apprenants.

Une **communauté virtuelle** est un groupe de personnes qui communiquent par l'intermédiaire de courriels, par des forums via internet, par téléphone, dans le cadre professionnel, social, éducatif ou autres. Le mot virtuel est employé pour signifier qu'il ne s'agit pas de communication face à face. Les premières communautés ont été inventées par Marwan Doghri et Angélique Girard (date ?).

X-ROAD : est une couche d'échange de données sécurisée entre des systèmes d'information.

Bibliographie

Académie, R. (2019). Apprendre a apprendre. *Inspection Pédagogique Régionale de l'académie de Rennes.* Repéré de https://docplayer.fr/204981283-Apprendre-a-apprendre-inspection-pedagogique-regionale-de-l-academie-de-rennes.html

Accart, J.-P. (2016). La médiation à l'heure du numérique. *Edition du cercle de la librairie. Collection bibliothèque*, 180. Repéré de https://www.cairn.info/la-mediation-a-l-heure-du-numerique--9782765415053.htm

Agostinelli, S. (2001). *Voies de recherche en Sciences de l'Information et de la Communication: Le rôle des artefacts et des organisations sociales dans la communication des connaissances.* (Thèse HDR, Université Rennes, 2001). Repéré de https://theses.hal.science/tel-00487457/document

Aillerie, C., et Rakotomalala, H. N. (2020). Pratiques informationnelles des enseignants: le cas des ressources institutionnelles en ligne. *Étude de Communication*, 137-156. Repéré de https://hal.science/hal-02947893v1/document

Akam, N. (2012). De la société de l'information à la société de la connaissance : la théorie du I-Développement. UBM, Pessac.

Allard, L. (2010). Mythologie du portable. *Ed Cavalier Bleu*. Repéré de https://www.cairn.info/mythologie-du-portable--9782846702843.htm

Amri, M., et Vacaflor, N. (2010). Téléphone mobile et expression identitaire: réflexions sur l'exposition technologique de soi parmi les jeunes. *GRESEC. Les enjeux de l'information et de la communication,*1-17. Repéré de https://hal.science/hal-02480516v1/document

Andriamarosata, M. (2017). Technologies de l'Information et de la Communication: Est-ce une alternative pour Madagascar*? Antananarivo: Université d'Antananarivo*.

Arestoff, F., et Venet, B. (2013). Learning to walk befor you run: financial bihavior and mobile banking in Madagascar. *UMR DIAL 225*.

ARTEC. (2017). Rapport d'activité 2017. *ARTEC-MPTDN*. Repéré de http://www.artec.mg/pdf/Rapport_d_activit%C3%A9s_2017.pdf.

ARTEC. (2018). Memento du numerique 2018. Antananarivo: *ARTEC*.

ARTEC. (2019). Rapport d'activité 2019. *ARTEC-MPTDN*. Repéré de http://www.artec.mg/pdf/rapport_activite_2019.pdf.

ARTEC. (2022). Rapport d'activité 2021. Antananrivo Madagascar: *ARTEC-MPTDN*. Repéré de http://www.artec.mg/pdf/rapport_activite_2021.pdf.

Assude, T. (2019). Éducation inclusive et éducation numérique: quelles convergences? Une étude de cas avec les tablettes numériques. *CAIRN - La nouvelle revue - Éducation et société inclusive*, 11-29. Repéré de https://www.cairn.info/revue-la-nouvelle-revue-education-et-societe-inclusives-2019-3-page-11.htm

Balacheff, N. (1993). Transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique. *Colloque Vingt ans de didactique des mathÃ©matiques en France, 364-370*. Repéré de https://telearn.hal.science/hal-00190646v1/document

Balacheff, N. (1994). Didactique computationnelle, évocation d'un projet de recherche. *IRMAR*. Repéré de https://telearn.hal.science/hal-00190424v1/document.

Ballachef, N. (1994). Didactique et intelligence artificielle. *Recherche en didactiques des mathématiques*, 9-42. Repéré de https://telearn.hal.science/hal-00190648/document.

Balaji, S., et Murugaiyan, M. S. (2012). Waterfall vs. V-Model vs. Agile: A comparative study on SDLC. *International Journal of Information Technology and Business Management*, 26-30. Repéré de https://www.irjet.net/archives/V5/i2/IRJET-V5I2154.pdf.

Balme, L. (2008). *Interface homme-machine plastique: une approche par composants dynamiques.* (Thèse de doctorat, Université Joseph - Fourier-Grenoble I, 2008). Repéré de https://theses.hal.science/tel-00432115v1/document.

Basque, J. (2005). Une réflexion sur les fonctions attribuées aux TIC en enseignement universitaire. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 2(1), 30-41. Repéré de https://edutice.hal.science/edutice-00086399/document.

Bazsalisza, M., & Naim, P. (2001). *Data Mining pour le web*. *Pris Ede Eyrolles*.

Beaudouin-Lafon, M. (1997). Interaction instrumentale: de la manipulation directe à la réalité augmentée. *Laboratoire de Recherche en Informatique Université de Paris-Sud*. Repéré de https://www.lri.fr/~mbl/INSTR/ihm97-paper/introduction.html.

Beguin P., Rabardel. P. (2000). Concevoir des activités instrumentées. *Revue d'Intelligence Artificielle* . 14 (2), 35-54. Repéré de http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=958847.

Benayache A. (2005). *Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte e-learning : le projet MEMORAe*. (Thèse de doctorat, Université Compiègne).

Bentahar Omar, Smaïl. Benzidia. (2016). La méthode Agile à l'épreuve de la complexité des projets système d'information. *Repéré de https://www.researchgate.net/publication/321739208_La_methode_Agile_a_l'epreuve_de_la_complexite_des_projets_systeme_d'information.*

Berthier, D. (1994). L'agent rationnel abstrait, objet de l'IA. *Institut National des Télécommunications*. Repéré de https://www.researchgate.net/publication/280301838_L'agent_rationnel_abstrait_objet_de_l'IA.

Besnaci, M., Guin, N., & Champin, P.-A. (2013). Importation des traces dans un système de gestion de base de traces. *Liris*. Repéré de https://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-6903.pdf.

Blay-Fornarino, M. (2008). Ingénierie Dirigée par les Modèles . *Université de Nice*.

Bona, A. (2016). Modélisation de l'affordance dans le domaine des constructions durables. Ingénierie assistée par ordinateur. (*Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 2016)*. Récupére sur https://theses.hal.science/tel-01330962v1/document

Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J. (1999). Unified Mondeling Language*. Addison-Wesley Longman Inc.* Repéré de https://patologia.com.mx/informatica/uug.pdf

Bourdet, J.-F., & Bourdet, L. (2009). Dispositifs de formation en ligne. De leur analyse à leur appropriation. *Distances et savoirs*, Vol.7. p. 11-29. Repéré de https://www.cairn.info/load_pdf.php?download=1&ID_ARTICLE=DIS_071_0011

Bouzaieni, A. (2014). Réseaux Bayésiens et quelques applications en traitement d'images. *RJC 2014*, pp.377-380. Repéré de https://asso-aria.org/cifed/2014/rjc_cifed/RJC-1.pdf

Brel, C. (2013). *Composition d'application multi-modèles dirigée par la composition des interfaces graphiques.. (*Thèse de doctorat, *Université Nice Sophia Antipolis, 2013). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00870745v1/document.*

Brunel, S., Lamago, F. M., & Girard, P. (2015). Des plateformes pour enseigner à distance: vers une modélisation générale de leurs fonctions. *Laboratoire IMS-Integration du Matériel au Système* .Repéré de https://hal.science/hal-01312463/document.

Buckingham, D. (2015). Defining digital literacy: what do young people need know about digital media? *Nordic Journal of Digital Literacy*. doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2006-04.

Caron, P.-A. (2007). *Ingénierie dirigée par les modèles pour la construction de dispositifs pédagogiques . sur des plateformes de formation.* (Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologie de Lille, 2007). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00156376/document.

Caron, P.-A., Becerril, R. O., Rethoré, S. (2010). Modèle artisanal de la formation à distance: lien entre l'artefact et la pédagogie. *Conférence JOCAIR*. Repéré de https://shs.hal.science/halshs-00997774/document.

Carron, T. (2011). *Observation dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.* (thèse HDR, Université de Chambéry, 2011). Recupéré sur https://www.researchgate.net/publication/267154628_Observation_dans_les_environnements_informatiques_pour_l%27apprentissage_humain_HDR.

Casado, R., Guin, N., Pierre-Antoine, C., Lefevre, M. (2016). kTBLS4LA: une plateforme d'analyse de traces fondée sur une modélisation sémantique des traces. *LIRIS*. Repéré de https://hal.science/hal-01637548/document.

Cardon, D. (2019). Culture numérique. Presses de Sciences Po. https://doi.org/10.3917/scpo.cardo.2019.01

Cerisier, J.-F. (2011). Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français. (thèse *HDR, Université de Poitiers, 2011)*. Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00922778v1/document

Champin P., Mille A., Prié Y., (2013). Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau : une approche par les traces modélisées. Intellectica.59, 171-204, DOI: 10.3406/intel.2013.1090.

Champin, P. A., Prie, Y., & Mille, A. (2004). MUSETTE: a Framework for Knowledge Capture from Experience. *EGC'04 Clermont Ferrand*. Repére de https://www.researchgate.net/publication/220786188_MUSETTE_a_framework_for_Knowledge_from_Experience

Champin, P., Conil, F. (2018). KTBS Documentation*, Release 1.0.* Repéré de https://perso.liris.cnrs.fr/pierre-antoine.champin/2018/m2ia-knodyn/mtbs.html

Chasseneuil, C. d. (2001). Accompagner les formations ouvertes. *Savoir et formation*. L'Harmattan Conférence de consensus. Repéré de https://www.editions-harmattan.fr/livre-accompagner_des_formations_ouvertes_conference_de_consensus-9782747504188-1020.html

Chéneau-Loquay, A. (2001). Les territoires de la téléphonie mobile en Afrique. *In: NETCOM : Réseaux, communication et territoires / Networks and Communication Studies*, vol. 15 n°1-2. Geocyberspace: building territories on the geographical space of the 21th century (I) 121-132. DOI : https://doi.org/10.3406/netco.2001.1508

Choquet, C. (2007). Ingénierie des EIAH approche REDiM interface homme machine. *HDR à l'Université du Maine*.

Choquet, C., et Iksal, S. (2007). Modélisation et construction de traces d'utilisation d'une activité d'apprentissage: une approche langage pour la réingénierie d'un EIAH. *STICEF*, *14 (7),* 419-456. Repéré de https://www.persee.fr/doc/stice_1952-8302_2007_num_14_1_968.

Christine, M., et Soufiane, R. (2003). E-Learning: normes et spécifications. caractérisation des documents numériques avec LOM et IMS-QTI pour l'acquisition et l'évaluation des connaissances. *Documents numériques*. *7(1-2),* 157-178. https://doi.org/10.3166/dn.7.1-2.157-178

Cédric Bassette, et Kristel Piran. (2015). À la découverte des MOOC. MOOC-*FUN*. https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/la-decouverte-de-fun/.

Cisèl, M. (2016). *Utilisation des MOOC: éléments de typologie*. (T*hèse de doctorat, Université ENS Cachan, 2016)*. Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-01444125/document.

Clavary, G., Demeure, A., Coutaz, J., et Däassi, O. (2004). Adaptation des Interfaces Homme-Machine à leur contexte d'usage. Plasticité des IHM. *Revue d'Intelligence Artificielle.* Repéré de http://iihm.imag.fr/publs/2004/RIA03.plasticite-1.pdf.

CNE, C. N. (1993). DOMAINE DE COMPETENCE. *71eme Sectio, SIC.. CNE*. https://www.cne-evaluation.fr/WCNE_pdf/INFO_COM.pdf

Collard, A.-S., et Jacques. (2015). Appropriation des réseaux sociaux numériques et compétences médiatiques. *Ludovia*, *Ax-les-Thermes, France.* Repéré de https://www.researchgate.net/publication/304778432_Appropriation_des_reseaux_sociaux_numeriques_et_competences_mediatiques

Combemale, B. (2008). Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) - État de l'art. *hal-00371565*. Repéré de https://hal.science/hal-00371565/document.

Corbière, A., et Choquet, C. (2005). ODP-RM: Un cadre de réingénierie des systèmes de formation. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Comunication pour l'Éducation et la Formation. STICEF.* 12, 20. https://telearn.hal.science/hal-00190309v1/document.

Corneli, J., Jordanous, A., Guckelsberger, C., Pease, A., Colton, S. (2020). Modelling Serendipity in a Computational Context. *arXiv:1411.0440v8 [cs; AI]*.. https://doi.org/10.48550/arXiv.1411.0440

Couchot, E., et Hilaire, N. (2005). L'art numérique. Comment la technologie vient au monde de l'art. (Ier ed, Vol 1). Flammarion.

Coutaz, J. (2013). Essai sans prétention sur l'Interaction Homme-Machine et son évolution. *Bulletin de la Société Informatique de France, Société Informatique de France*, n°1, 15-33. Repéré de https://inria.hal.science/hal-00953363v1/document.

Couzinet, V. (2005). Les connaissances au regard des sciences de l'information et de la communication: sens et sujets dans l'inter-discipline. *Les connaissance en SIC*. Repéré de https://sites.ensfea.fr/cdi/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Couzinet_conn-sic2.pdf

Couzinet, V. (2018). Métamorphoses du document: enjeux d'un objet médiateur fondamental. *Études de Communication*, 57, 75-90. https://doi.org/10.4000/edc.7521

Crozat, S. (2002). *Éléments pour la conception industrielisée des supports pédagogiques numériques*. (Thèse de doctorat, *Université de Technologie de Compiègne, 2002)*. Récupéré sur https://theses.hal.science/file/index/docid/1719/filename/memoire.these.crozat.pdf

Dacheux, E. (2009). Les SIC approche spécifique d'une recherche en communication mondialisée. *Les SIC, CNRs éditions, collection Les Essentiels*. 9-36. Repéré de https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00531493/document

Dacos, M., et Mounier, P. (2013). *État des lieux et positionnement de la recherche française dans le contexte international*. Institut Français. Repéré de https://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/65357-humanites-numeriques-etat-des-lieux-et-positionnement-de-la-recherche-francaise-dans-le-contexte-international.pdf

Daguet, H. (2015). La médiation numérique et ses effets sur la médiation humaine. *Distances et Médiations des Savoirs*.12. https://doi.org/10.4000/dms.1180

Danine A. (2010). *Modélisation de l'apprenant : Application d'un modèle cognitif au développement d'un système d'apprentissage*. (Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, 2010). Récupéré sur https://archipel.uqam.ca/3607/1/D1971.pdf

Dawid, A. P., Mortera, J., et Vicard, P. (2007). Object-orientend Bayesian networks for complex forensic DNA profiling problems. *Forensic Science International*, vol. 169, n°12, pp. 195-205. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.08.028

Deemer, P., Benefield, G., Larman, C., et Vodde, B. (2012). Guide Léger de la théorie et de la Pratique de Scrum (Traduit par Cyril Stock). *The scrum primer*. Version 2.0. Repéré de https://scrumprimer.org/primers/fr_scrumprimer20.pdf

Delamotte, E., Liquète, V., et Frau-Meigs, D. (2014). La translittératie, à la convergence des cultures de l'information: sport, contextes et modalités. *Spirale. revue de recherche en éducation n°53*, 145-156. Repéré de https://hal.science/hal-00927529v1/document

Delozanne, E. (1992). *Explication en EIAO: études à partir d'ELISE, un logiciel pour s'entraîner à une méthode de calcul de primitives*. (Thèse de doctorat, Université Le Mans, 1992).

Denis, B. (2002). Quels rôles formationpour les tuteurs intervenant dans des dispositifs de formation à distance? *Distance et savoirs*. 1, 19-46. Repéré de https://www.cairn.info/revue-distances-et-savoirs-2003-1-page-19.htm#:~:text=Ils%20jouent%20un%20r%C3%B4le%20d,apprenants%20(Henri%2C%202002).

Denis, B., Jean-François, N., Grandbastien, M., & Labat, J.-M. (2006). APLUSIX, Un EIAH de l'agèbre. *Environnement Informatiques et Apprentissage Humain, Hermès-Lavoisier*, 333-350. Repéré de https://hal.science/hal-00962040/document

Dennouni. (2016). *Orchestration des activités d'apprentissage mobile*. (Thèse de doctorat, Université de Lille 1 et Université DJILLAH LIABES Sidi Bel-Abbès, 2016). Récupéré sur https://hal.science/tel-01742212v1/document

Derycke. (2002). Sept questions sur le E-learning: vers une problématique nouvelle pour la recherche? *Les technologies en éducation: Perspectives de recherche et questions vives*.

Diallo, T., Henry, S., et Ouzrout, Y. (2015). Construction de la structure des Réseaux Bayésiens causaux appliqués au diagnostic.*JD-JN-MACS*. Repéré de https://hal.science/hal-01723069/document

Didier, J., Quinche, F., et Dias, T. (2022). Artefact: enjeux de formation. *Pôle éditorial de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard*. https://folia.unifr.ch/documents/321973/files/c9be7df6cba9-LIVRE_NUM_PDF_Artefact_16_AnjaKuttel.pdf

Djebbar-Zaidi, A. (2013). *Optimisation de la recherche d'un cas Bayésien*. (Thèse de doctorat, Université BADJI MOKHTAR ANNABA, 2013). Récupéré sur https://www.researchgate.net/publication/338113382_Optimisation_de_la_recherche_d'un_cas_Bayesien.

Djouad, T., Settouti, L. ,., Prié, Y., Reffay, C., et Mille, A. (2010). Un système à base de trace pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. *TSI*, 6 (29) ,721-741. https://www.researchgate.net/publication/238745424_Un_Systeme_a_Base_de_Trace

s_pour_la_modelisation_et_l'elaboration_d'indicateurs_d'activites_educatives_individuelles_et_collectives_Mise_a_l'epreuve_sur_Moodle

Dowek, G. (2011). Les quatres concepts de l'informatiques. *Sciences des technologies de l'informayion et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratique et enjeux didactiques.*, 21-29. https://edutice.hal.science/edutice-00676169

Drot-Delange, B., et Bruillard, E. (2012). Éducation aux TIC, cultures informatique et du numérique: quelques repères historiques. *Études de communication: langages, information, médiations*. 38, 69-80. https://doi.org/10.4000/edc.3393

Dubois, D., Prade, H. (2001). La problématique scientifique du traitement de l'information. *Revue I3 - Information Interaction Intelligence*, 1 (2), 1-24. Repéré de https://hal.science/hal-03378467

Dujol, L., et Mercier, S. (2017). Médiation numérique des savoirs et marketing public. *Documentation et bibliothèques*. 63 (2), 5-11. Repéré de https://www.erudit.org/en/journals/documentation/2017-v63-n2-documentation03091/1040175ar.pdf

Dujol, L., et Mercier, S. (2017). *Médiation numérique des savoirs. Des enjeux aux dispositifs*. *ASTED.*

Dumont, K., et Louw, J. (2009). A citation analysis of Henri Tajfel's Work on intergroup relations. *International Journal of Psychology. 44(1), 46-59*. DOI : 10.1080/00207590701390933

Dussarps, C. (2014). *Dimension socio-affective et abandon en formation ouverte et à distance*. (Thèse de doctorat, Université Bordeaux Montaigne 3, 2014). Récupéré sur https://shs.hal.science/tel-01108344v2/document

Duthoit, E., Mailles-Viard Metz, S., et Pelissier, C. (2012). Processus d'aide en contexte d'apprentissage: une adaptation pour individualiser et personnaliser. *STICEF*, *(Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation)*, 19 (12), 1-12. https://dx.doi.org/10.18463/PELISSIER.001

El-Kechaï, H., & Choquet, C. (2005). Approche pragmatique de conception d'un EIAH: Réingénierie pédagogique dirigée par les modèles. *EIAH Montpelier*. https://telearn.hal.science/hal-00005661/document

Fabre, I. (2006). *L'espace documentaire comme espace de savoir: itinéraires singuliers et imaginaires collectifs*. (Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2).

Farenc, C. (1997). *ERGOVAL: Une méthode de structuration des règles ergonomiques permettant l'évaluation automatique d'interfaces graphiques*. (Thèse de doctorat, Université Toulouse I, 1997).

Fauré, C., Delprat, S., Mille, A., et Boulicaut, J.-F. (2006). Construction itérative d'un modèle de connaissance par l'exploitation de règles d'association. *Actes IC'06*, 1-10. https://perso.liris.cnrs.fr/jean-francois.boulicaut/ic06.pdf

Ferry, N. (2008). *Formalisation des modèles de la méthode MACAO et réalisation d'un outil de génie logiciel pour la création d'interfaces homme-machine*. (Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier-Toulouse III). https://theses.hal.science/tel-00647482

Flichy, P. (2008). Internet et le débat démocratique. *Lavoisier "Réseaux"*, 150, 159-185. https://www.cairn.info/revue--2008-4-page-159.htm.

Flocher, V., et Rabardel, P. (2004). Hommes, Artefacts, Activités: perspectives instrumentale. Presses Universitaires de France. Dans : Pierre Falzon éd., *Ergonomie* . 251-268 . Paris cedex 14: Presses Universitaires de France. https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0251

Fluckiger, C., et Bruillard, E. (2008). TIC: Analyse de certains obstacles à la mobilisation des compétences issues des pratiques personnelles dans les activités scolaires. https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00343128

Fortin, P., Leclerc, B., Parent, P.-P., Plourde, S., et Rondeau, D. (2011). La construction du savoir éthique dans les pratiques professionnelles. L'Harmattan. https://doi.org/10.3917/har.coll.2011.01

Fraysse, P., Bediran, j., et Deramond, j. (2017). Le document: dialogue entre Sciences de l'Information et de la Communication et histoire. *Études de communication*, 49, 185-190. https://doi.org/10.4000/edc.7354

Gabillon, Y. (2011). *Composition d'interfaces homme-machine par planification automatique*. (Thèse de doctorat, Université de Grenoble). https://theses.hal.science/tel-00670347v1

Gabillon, Y. (2015). Composition d'Interface Homme-Machine: Opérateur de composition et propriétés de composabilité. *27e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 13. https://dx.doi.org/10.1145/2820619.2820632

Galand, B., Philippot, P., et Frenay, M. (2006). Structure de buts, relations enseignants-eleves et adaptation scolaire des élèves: une analyse multi-niveaux. *Revus française de Pédagogie:* 155, 7-7. https://doi.org/10.4000/rfp.225

Galton, F. (2006). *De l'identification de structure de réseaux bayésiens à la reconnaissance de formes à partir d'informations complètes ou incomplètes*. (Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Rouen). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00126033v1/document.

Gardiès, C. (2014). Médiation numérique des savoirs: de l'information à la connaissance. *ENFA, UMR EFTS*. https://sites.ensfea.fr/cdi/wp-content/uploads/sites/3/2011/10/m%C3%A9diation-num%C3%A9rique-des-savoirs-GARDIES-2014.pdf

Gauthier, B. (1992). Recherche sociale. de la problématique à la collecte des données. *Presse de l'Université du Québec*, 517-533. https://www.persee.fr/doc/homso_0018-4306_1993_num_110_4_3362

Gelfand, A. E., et Smith, F. A. (1990). Sampling-based approcahes to calculating marginal densities. *Journal of the American statistical association*, 85(1410), 398-409. https://www.jstor.org/stable/2289776

Gélinas, A., et Brière, R. (1985). La recherche -action : ses méthodes , ses outils conceptuels et son cadre d'analyse (recension des écrits). *Tome 1: rapport de recherche présenté au conseilQuébécois de la Recherche Sociale*, 208.

George, S., Molinari, G., Cherkaoui, C., Mammass, D., et Oubahssi, L. (2015). 7eme Conférence sur les Envrionnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Actes de la Conférence*.468. https://hal.science/hal-01433193

Gerbault, J. (2012). Littératie numérique recherches en didactique des langues et des cultures. *ACEDLE*. https://doi.org/10.4000/rdlc.3960

German, S., et Geman, D. (1984). Stochastic relaxation, Gibbs distributions, and the Bayesian restoration of images. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence,* 16, 172-741. **DOI:** 10.1109/TPAMI.1984.4767596

Giardina, M., et Laurier, M. (1999). Modélisation de l'apprenant et interactivité. *Revue des sciences de l'éducation*, 25 (1), 35-59. DOI: https://doi.org/10.7202/031992ar

Gibson, J. (1988). The theory of affordance . *Hilldales, USA, 1(2)*, 67-82. https://monoskop.org/images/2/2c/Gibson_James_J_1977_The_Theory_of_Affordances.pdf

Gilb, T. (1988). Principles of Software Engineering Management. *Addison-Wesley*. https://www.researchgate.net/publication/225070548_Principles_of_Software_Engineering_Management

Gilks, W. R., Thomas, A., et Spiegelhalter, D. J. (1994). A language and program for complex Bayesian modeling. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician) The statistician*, 43(1) 169-177. https://www.jstor.org/stable/2348941

Gilski, P., et Stefanski, J. (2015). Android OS: À Review. *TEM Journal Volume 4*. https://www.temjournal.com/content/41/14/temjournal4114.pdf

Giorgi, N. (2007). *L'enseignement supérieur: un levier au développement.* Quebec: École Nationale d'Administration public.

Gollac, M., Greenan, N., et Hamon-Cholet, S. (2000). L'information de l'"ancienne" économie: nouvelles machines, nouvelles organisations et nouveaux travailleurs. *Economie et statistique*, 171-201. https://www.persee.fr/doc/estat_0336-1454_2000_num_339_1_7484

Gonzales, C., et Wuillemin, P.-H. (1998). Réseaux bayésiens en modélisation d'utilisateurs. *Sciences et techniques éducatives*, 173-198. https://www.persee.fr/doc/stice_1265-1338_1998_num_5_2_1384

Gounon, P. (2005). *Encadrement d'apprenants à distance - Étude du soutine informatique à la conception d'une Formation En Ligne fondé sur un modèle d'organisation du tutorat*. (Thèse de doctorat, Université du Maine). Récupéré sur https://cyberdoc.univ-lemans.fr/theses/2005/2005LEMA1017.pdf

Gounon, P., Dubourg, X., et Leroux, P. (2004). Un modèle d'organisation du tutorat pour la conception de dispositif informatiques d'accompagnement des apprenants. *Technologie de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignemen Supérieur et de l'Industrie*. 369-376. https://edutice.hal.science/edutice-00000721/document

Granjon, F. (2011). Fracture numérique. *Le seuil | "Communications"* https://www.cairn.info/load_pdf.php?download=1&ID_ARTICLE=COMMU_088_0067

Grimmer, J. (2011). An introduction to Bayesian inference via variational approximations. *Political analysis*, 19(11), 32-47. DOI: https://doi.org/10.1093/pan/mpq027

Gruson-Daniel, C., Aïm, O., Sherlaw, K.-W., et Depoux, A. (2019). Des MOOC aux OC (online courses): les rhétoriques de l'ouverture. Question de communication, série actes 39. https://hal.science/hal-02159698/document

Haiech, J. (2020). Parcourir l'histoire de l'intelligence artificielle, pour mieux la définir et la comprendre. *médicine/sciences, EDP Sciences*. 36 (10), 919-923. https://dx.doi.org/10.1051/medsci/2020145

Hajer CHEBIL. (2013). Corpus de traces d'activité dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain : Modélisation étude d'une plateforme de gestion et application à la construction de corpus de référence. (Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00979307v1/document.

Hamid, C., Geneviève, F., et Cyrille, D. (2014). Utilisation d'un modèle praxéologique de référence dans un EIAH. *3e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique. https://hal.science/hal-01088769*

Hamza, A., Bonnard, P., Gonzales, C., et Wuillemin, P.-H. (2014). Algorithme d'arbre de jonction incrémental. *8eme journées francophones de réseaux bayésiens, Clermont-Ferrand.* https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01391019

Hert, P. (1999). Internet comme dispositif hétérotopique. *Hermes, La Revue*,25, 93-107. https://doi.org/10.4267/2042/14977

Heutte, J., et Julien, J.-M. (2011). Eclairage de la complexite du pilotage du collectif individuellement motive en configuration adhocratique dans un contexte d'innovations pédagogiques. *Acte du 23 colloque de l'Admée-Europe*. http://jean.heutte.free.fr/IMG/pdf/ADMEE_2011-Heutte-Jullien-piloter_complexe-2.pdf

Holec, H. (1990). Qu'est-ce qu'apprendre à apprendre. *Mélanges pédagogiques*. https://www.atilf.fr/wp-content/uploads/publications/MelangesCrapel/file-20-6-2.pdf

Hotte, R., & Leroux, L. P. (2003). Technologie et formation à distance. *Sceinces et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, pp. 9-28. https://www.persee.fr/doc/stice_1952-8302_2003_num_10_1_855

Hulin T., Pélissier C. (2012). Appropriation de l'écriture NUMERIQUE : EVALUATION et parcours pédagogique. Fondements théoriques, représentations, réalités de l'Expression Communication dans les IUT – Bilan et perspectives. Toulouse Blagnac, 1-15. https://shs.hal.science/halshs-00786651/document

Hung, P. H., Lin, T., et Su, I. (2013). Seamless connection between learning and assessment - applying progressive learning tasks in mobile ecology inquiry. *Educational Technology & Society ISSN*.16(1), 194-205. https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.1.194

IEEE-LTSC. (2002). IEEE Standard for Learning Object Metadata. 40p. ISBN : 0-7381-3297-7. https://issuu.com/jinghua618/docs/1484.12.1-2002_-_ieee_standard_for_learning_object

IMT, et UPLEGESS. (2020). Médiations et enseignement-apprentissage des langues dans les grandes écoles et les universités. *Journée d'études du groupe de travail LANGUES de la commission FORMATION de la CGE*. https://www.kananas.com/uplegess/wp-content/uploads/sites/992/2020/12/CGE-Compte-rendu-Journee-GT-LANGUES-2020_01_30-Mediation-VF.pdf

Inghilterra, X. (2016). *L'apprenance collective entre pairs à l'aune du modèle tansmissif: Impact des dispositifis de partage social sur les communautés d'apprentissage en ligne*. (Thèse de doctorat, Université de Toulon, 2016). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-01408868v2/document.

Jaillet, A. (2004). *L'école à l'ére numérique. Des Espaces Numériques pour l'Éducation à Distance.* 1e edition. L'Hamattan.

Jean Daubias, S. (2003). Vers une définition des spécificités des EIAH dédiés à l'évaluation pour l'application de recommandadtion ergonomiques. *Revue d'Interaction Homme Machine, 4 (1)*. https://hal.science/hal-01573250/document

Jean Daubias, S. (2004). De l'intégration de chercheurs d'experts d'enseignants et d'apprenants à la conception d'EIAH. *TIC dans Enseignement Supérieur et Industrie*, 290-297. https://edutice.hal.science/edutice-00000708

Jean Daubias, S. (2011). *Ingénierie des profils d'apprenants Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. (Thèse HDR, Université Claude Bernard - Lyon I, 2011).Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00699325v1/document.

Jean Daubias, S., et Phan, T. T. (2009). Différentes niveaux de modélisation pour des profils d'apprenants. *LIRIS Université Lyon I Formagraph Besançon*. https://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-5146.pdf

Jézéquel, J.-M., Gérard, S., et Baudry, B. (2006). Le génie logiciel et l'IDM: une approche unificatrice oar les modèles. *L'ingénierie dirigée par les modèles, Lavoisier, Hermes-science*. https://inria.hal.science/inria-00512541/document

Jocelyn, P. (2007). La langue au coeur du numérique. *Enssib*. https://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/116-la-langue-au-coeur-du-numerique-les-enjeux-culturels-des-technologies-de-la-langue.pdf

JOUTARD Philippe. (2013). « Révolution numérique et rapport au passé ». *Le Débat*. p. 145-152. DOI : 10.3917/deba.177.0145.

Kakaï, G., et Lykke, M. (2016). Aperçu sur les méthodes statistiques univariées utilisées dans les études de végétation. *Annales des Sciences Agronomiques 20*, 113-138. https://www.researchgate.net/publication/301213995_Apercu_sur_les_methodes_statistiques_univariees_utilisees_dans_les_etudes_de_vegetation

Karoui, M., Davauchelle, G., et Dudezert, A. (2014). Big Data: Mise en perspective et enjeux pour les entreprises. *Ingéniérie des Systèmes d'Information*.19 (3), 73-92. https://dx.doi.org/10.18280/isi

Karsenti T., Villeneuve S., Raby C., Lambrou R. W., Meunier H., (2012). Conditions d'efficacité de l'intégration des TIC en pédagogie universitaire pour favoriser la persévérance et la réussite aux études. *CRIFPE. Université de Montréal Canada*. https://depot.erudit.org/id/001134dd

Karsenti, T. (2013). The MOOC. Revolution or just a fad. *International Journal of Technologies in Higher Education, 10(2), 6-76*. https://doi.org/10.7202/1035519ar

Karsenti, T., savoie-Zajc, l., et Larose, f. (2001). Les futurs enseignants confrontés aux TIC: changement dans l'attitude, la motivation et les pratiques pédagogiques. *Éducation et francophonie*,29(1), 86-124. DOI: https://doi.org/10.7202/1079569ar

Kasurinen J., Nikula U. (2009). Estimating Programming Knowledge with Bayesian Knowledge Tracing. *ITiCSE '09: Proceedings of the 14th annual ACM SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education* 313–317. https://doi.org/10.1145/1562877.1562972

Kavanagh, E., Roberge, J., et Sperano, I. (2016). Typologie exploratoire des affordances textuelles. 171-192. https://doi.org/10.4000/pratiques.3187

Khakzad, N. (2015). Application of dynamic Bayesian network to ris analysis of domino effects in chemical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*, 138, 263-272. **DOI:** 10.1016/j.ress.2015.02.007

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., et Khan, S. (2012, decembre). Futur Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges. *10th International Conference on Frontiers of Information Technology.* **DOI:** 10.1109/FIT.2012.53

Koller, D., et Pfeffer, A. (1998). Probabilistic frame-based systems. *In Proceeding of the 15th national conference on artificial intelligence*, 580-587. https://dl.acm.org/doi/10.5555/295240.295740

Kolski, C. (1995). *Méthode et modèles de conception et d'évaluation des interfaces homme-machine*. (Thèse HDR, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis). Récupéré sur https://hal.science/tel-01300869/document.

Kolski, C. (1995). Méthode d'évaluation des interfaces homme machine, utilisation a priori et ou a posteriori. *Journées Supervision et Coopération Homme-Machine* At: Paris, France. https://www.researchgate.net/publication/275893042_Methodes_d'evaluation_des_interfaces_homme-machine_utilisation_a_priori_etou_a_posteriori

Kolski, C., et Grislin, M. (1996). Évaluation des interfaces homme machine lors du développement des système interactifs. *Revue des Sciences et Technologies de l'lnformation. 15(3), 265-296. https://uphf.hal.science/hal-03333711*

Kotkov, D., Veijalainen, J., et Wang, S. (2016). Challenge of Serendipity in Recommender System. *TA Majchrzak, P Traverso, V. Monfort, & K-H Kremples. Proceeding of the 12th International conference on web information systems and technologies*. https://pdfs.semanticscholar.org/6e07/9741fbb0901db7394f021a93d79fbd482961.pdf

Kumar, S., et Dubey, P. (2015). Software Development Life Cycle (SDLC) Analytical Comparison and Survey on Traditional an Agile Methodology. *National Monthly Referred Journal of Research Science and Technology*, 2. Repéré de https://www.researchgate.net/publication/319716548_SOFTWARE_DEVELOPMENT_LIFE_CYCLE_SDLC_ANALYTICAL_COMPARISON_AND_SURVEY_ON_TRADITIONAL_AND_AGILE_METHODOLOGY

Lacelle, N., Lebrun, M., Boutin, J., Richard, M., et Martel, V. (2015). Les compétences en littératie médiatique multimodale au primaire et au secondaire: une grille d'analyse transdisciplinaire. *Littératie: vers une maîtrise des compétences dans divers environnements*, 168-184. DOI:10.2307/j.ctv1n35cjv.12

Lafalquière, J. (2009). *Conception de système à base de traces numériques pour les environnements informatiques documentaires*. (Thèse de doctorat, Université de Technologie de Troyes, 2009). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-00471975/file/Laflaquiere_These_08decembre2009.pdf.

Lahcen, O., Pierre, L., et Philippe, C. (2009). Ré-ingénierie d'un EIAH existant: le cas du Livret Electronique d'Apprentissage. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, 311-318. https://hal.science/hal-01433952*

Lalande-Gendreau, C. (1987). Philosophie d'information et pratique sociale. *Service social*, 36(1), 111-118. DOI https://doi.org/10.7202/706343ar

Lallement, M. (2015). L'äge du faire. Hacking, travail, anarchie. Seuil, coll. "La couleur des idées", 446 p. ISBN : 978-2-02-119049-6. *Idées économiques et sociales,* 180 (2), 73-83. https://doi.org/10.3917/idee.180.0073

Lankshear, C., et Knobel, M. (2006). Digital Literacy and Digital Literacies. Policy, Pedagogy and Research Considerations for Education. Nordic Journal of *Digital Literacy*, 1 (01), 12-24. DOI:10.18261/ISSN1891-943X-2006-01-03

Laroussi, M. (2011). Les nouvelles modalités d'apprentissage: e-learning, mobile learning, ubiquitous learning, pervasive learning, elearning 2.0, serious game. *JDSIRIT13*. http://ensias.um5s.ac.ma/jdsirt/JDISIRT15_files/JDSIRT13/JDISIRT13_files/jdsirt12/InterventionMonaLaroussi.pdf

Le Deuff, O. (2015). Utopie documentaires: de l'indexation des connaissances à l'indexation des existences. *Communication Organisation*, 48, 93-106. https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.5082

Le pallec, X. (2014). *Centrer l'Ingénieurie Dirigée par les Modèles sur l'Humain*. (Thèse HDR, Université Lille1). https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/HDR/2014/HDR2014LIL120.pdf

Leahy, D., et Dolan, D. (2010). Digital Literacy: A vital competence for 2010? *IFIP TC 3 International Conference on Key Competencies in the Knowledge Society (KCKS) / Held as Part of World Computer Congress (WCC)* 210-221. DOI:10.1007/978-3-642-15378-5_21

Leau, Y. B., Loo, W., K., Tham, W. Y., & Tan, S. F. (2012). Software development life cycle AGILE vs traditional approaches. *International Conference on information and Network Technology*, 37 (1) 162-167. https://ku-fpg.github.io/files/agile-traditional.pdf

Lebrun M., Lacelle N. (2011). Développer la compétence à la lecture et à l'expression multimodales grâce à une didactique de la littératie médiatique critique. Dans R. Goigoux et M.-C. Pollet (eds). Aspects didactiques de la lecture, de la maternelle à l'Université. AIRDF, collection Didactique, n°3. Namur Belgique, 205-224.

Lebrun, M. (2005). eLearning pour enseigner et apprendre: allier pédagogie et technologie. *Academia Bruvlant*.

Lecrosnier, H. (2016). Comment construire une culture numérique citoyenne? Comment former les publics? Comment aboutir à une définition partagée de la littéreatie numérique? *cpucaen [S.l] [s. n.]*.

Legendre, R. (1993). Dictionnaire actuel de l'éducation. *Ed Guérin Montréal 2 eme édition*.

Lehmans, A., et Soumagnac, K. (2013). Pratiques informationnelles dans une communauté professionnelle: les conditions d'émergence de la durabilité des écosystèmes enformationnels. *Revue de l'Université de Moncton*, 44, 49-66. DOI:10.7202/1029302ar

Lejeune, A. (2004). IMS Learning Design. *Distances et savoirs*, 2, 409-450. https://doi.org/10.3166/ds.2.409-450

Lepreux, A., Hariri, A., Rouillard, J., Tabary, D., Tarby, J.-C., et Kolski, C. (2007). Twoards multimodal user interfaces composition based on usiXML and MBD principales. *Human computer Interaction. HCI Intelligent Multimodal Interaction Environments : 12th International Conference, HCI International. 134-143.* https://uphf.hal.science/hal-03451240

Lerbet-Sereni, F. (2000). La relation pédagogique: Eclairage systémique et travail des paradoxes. https://www.intelligence-complexite.org/media/document/ateliers/relation-pedagogique-eclairage-systemique-et-travail-paradoxes/open

Levi-Strauss, C. (1962). La pensée sauvage. *Plon. 1e édition*. https://monoskop.org/images/f/f6/Levi-Strauss_Claude_La_Pensee_sauvage_1962.pdf

Lévy, P. (1924). Théorie des erreurs. La loi de Gauss et les lois exceptionnelles. *Bulletin de la SMF tome 52*, 49-85. http://www.numdam.org/item/10.24033/bsmf.1046.pdf

Li, J. (2010). Agile software development. *Technische University , Berlin*. https://www.inf.ufpr.br/lmperes/2017_2/ci090/aula3/MET_article_agile-software-development_li.pdf

Liquète, V. (2011). Des pratiques d'information à la construction de connaissances en contexte: de l'analyse à la modèlisation SEPICRI. (Thèse *HDR, Université de Rouen)*. https://theses.hal.science/tel-00670700v1/document

Liquète, V. (2015). L'accessibilité web comme porte et enjeu de médiation des savoirs. *Distance et Médiations des Savoirs: Médiation numérique des savoirs*. https://doi.org/10.4000/dms.1200

Loup, G., George, S., et Serna, A. (2015). Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs. *7eme Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. 41-52.* https://hal.science/hal-01405931/document

Mao Y., Lin C., Chi M. (2018). Deep Learning vs. Bayesian Knowledge Tracing : Student Models for Interventions. In Journal of Educational Data Mining, Volume 10, No 2.

Marchal, B. (2018). *La médiation informationnelle au travers de plateformes de réseaux sociaux: l'application de Facebook lors de l'apprentisage du français langue étrangère en Thaïlande*. (Thèse de doctorat, Université Normandie). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-02089374v1/document

Masson, S. (2018). *Modélisation des processus d'appropriation des instruments numériques par les enseignants du primaire.* Rennes: CREAD. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/GTnum/89/9/Rapport_2ANC_DNE_juillet_2018_993899.pdf

Mayer, R. E., Dow, G. T., & Mayer, S. (2003). Multimedia Learning in an Interactive Self-Explaining Environment. What Works in the Design of Agent-Based Microworlds? . *Journal of Educational Psychology*, 806-812.

Mendome, N. M. (2016). *Transformation des pratiques d'information des jeunes Français de 15-25 ans à l'ère numérique: impact des innovations technologieques sur les jeunes*. (Thèse de doctorat, Université de Lorraine, 2016). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-01558211v1/document.

MESUPRES. (2017). La magazine du rêve utile et de la culture des solutions. *Bulletin d'information du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique*.

Methamem, R. (2005). Note critique sur les indicateurs de la fracture numérique. *Lavoisier*, 211-229.

Meyer, J.-B. (2017). MOOCS et mobilités etudiantes: vers une nouvelle circulation des connaissances? observationns au regard de l'Afrique francophone. *Journal of international Mobility*, 5, 75-92. https://doi.org/10.3917/jim.005.0075

Miège, B. (2000). Les apports à la recherche des sciences de l'information et de la communication. *Réseaux, 100*, 547-568. https://www.cairn.info/revue--2000-2-page-547.htm.

Mille, A. (2013). Traces numériques et construction de sens. GALINON-MELENEC Béatrice. *Traces Numériques : de la production à l'interprétation, CNRS Edition*,107-124. https://hal.science/hal-01339295

Mille, A., et Prié, Y. (2006). Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation /logique de conception. *13eme journées de Rochebrune.* . https://hal.science/hal-01592327

Mille, A., Vinzio, S., et Goichot, B. (2009). La statistique bayésienne: une approche des statistiques adaptée à la clinique. *La revue de médecine interne*, 30(3), 242-249. https://doi.org/10.1016/j.revmed.2008.07.004

Mirad, B. A. (2015). *Observations probabilistes dans les réseaux bayésiens. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis*: (Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis) Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-01193033/preview/Ben_Mrad_Ali2.pdf

Muller, P.-A. (1997). *Modélisation objet avec UML. 1e édition.* http://livre21.com/LIVREF/F6/F006012.pdf

Nash, C. (2020). Report on Digital Literacy in Academic Meetings during the 2020 Covid-19 Lockdown. *History of Medicine Program, Departement of Psychiatry*. https://www.researchgate.net/publication/346053266_Report_on_Digital_Literacy_in_Academic_Meetings_during_the_2020_COVID-19_Lockdown

Nationale, M. d. (2022, mars dimanche). *Gouve.men*. Récupéré sur gouve.men: https://www.gouve.men.mg

Nigay, L. (1994). *Conception et modelisation logicielles des systèmes interactifs: application aux interface multimodales. (Thèse de doctorat,* Université Joseph-Fourier – Grenoble I). https://theses.hal.science/tel-00005106/document

Nkambou R., Tato A., Janie B., Serge R., Maxime S. (2020). Une approche hybride à la modélisation de l'apprenant dans un STI pour l'apprentissage du raisonnement logique. *In Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation. Sélection de la conférence EIAH 2019.27 (2) 63-102*. https://www.persee.fr/doc/stice_1764-7223_2020_num_27_2_1795

Nkambou, R., Gauthier, G., et Frasson, C. (2006). Utilisation d'un client www comme interface de l'étudiant dans un système tutoriel intelligent. In : Moukeli P. (ed.). *CARI'96 : actes du 3ème colloque africain sur la recherche en informatique*. 765-774. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/010008783.pdf

Nogry, S., Jean-Daubias, S., et Magali, O.-B. (2004). Évaluation des EIAH: une nécessaire diversité des méthodes. *Technologie de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et l'Industrie*, 265-271. https://edutice.hal.science/edutice-00000729

OCDE. (2007). *Rapport annuel 2007.* Paris: OCDE Librairie. https://www.oecd.org/fr/sites/eduimhe/38947274.pdf consulté le 10 Août 2020

O'Gorman, Bryan, Babbush, R., Perdomo-Ortiz, A., Aspuru-Guzik, A., et Smelyanskiy, V. (2015). Bayesian network structure learning using quantum annealing. *The European Physical Journal Special Topics*, *255 (1), 163-188*. https://doi.org/10.48550/arXiv.1407.3897

Oliveri, N. (2021). *Éléments pour une théorie critique de l'écosystème numérique organisationnel*. (Thèse HDR , Université Côte d'Azur, 2021). https://hal.science/tel-03615946v1/file/HDR_Nicolas_OLIVERI_m%C3%A9moire.pdf.

OMG. (2014). About the Object Management Group. *http://www.omg.org*. https://www.omg.org/spec/MOF/ISO/19508/PDF

Ortoleva, G., Peltier, C., et Bétrancourt, M. (2017). MOOC: un lot, plusieurs facettes. Pour une carcatérisation systémique des MOOC orientée ingénierie pédagogique. *SIC pour l'Éducation et la Formation*, 65-86. https://www.persee.fr/doc/stice_1764-7223_2017_num_24_2_1740

Pandey, G., Kotkov, D., et Semenv, A. (2018). Recommending Serendipitous Item using Transfer Learning. *CIKM'18 Proceeding of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*. 1771-1774 https://doi.org/10.1145/3269206.3269268

Paquelin, D. (2009). *L'appropriation des dispositifs numériques de formation: Du prescrit aux usages.* (1e edition) Paris: L'Harmattan.

Paquette, G. (2002). *Modélisation connaissance et des compétences : un langage graphique pour concevoir et apprendre* (1st ed.). Presses de l'Université du Québec. https://doi.org/10.2307/j.ctv18ph0w2

Pearl, J. (1991). Probabilistic reasoning for complex systems: Networks of plausible nference.

Artificial Intelligence 48(1):117-124. DOI:10.1016/0004-3702(91)90084-W

Pearl, J. (2003). Causality : models reasoning and inference. *Econometric Theory*, 19, 675–685. Printed in the United States of America+ DOI: 10+10170S0266466603004109

Pedrot, F., et Mazet, P. (2021). *Lieux et acteurs de la médiation numérique. Quels impacts des demandes d'aide e-administrative sur l'offre et les pratiques de médiation* ?. LABACCES. Centre de recherche d'Askoria. https://shs.hal.science/halshs-03289539/document

Pélisser, C. (2017). Accompagner le chercheur en SHS à l'ère des humanités numériques : Des outils pour le développement d'une activité cognitive augmentée. *Les Cahiers du numérique*, 13, 167-194. https://www.cairn.info/revue--2017-3-page-167.htm.

Peraya D., (2003). De la correspondance au campus virtuel. Formation à distance et dispositifs médiatiques. Dans : Daniel Peraya éd., *Technologie et innovation en pédagogie: Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur* (pp. 79-91). Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur. https://doi.org/10.3917/dbu.charl.2002.01.0079

Peraya, D. (1994). Formation à distance et communication médiatisée. *Recherche en communication*.1. https://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/peraya-papers/rec1b.pdf

Peraya, D. (1999). Médiation et médiatisation: le campus virtuel. *Hermès*,3(25), 153-167. https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-1999-3-page-153.htm

Peraya, D., Viens, J., et Karsenti, T. (2002). Introduction: formation des esnseignants à l'intégration pédagogiques des TIC: Esquisse historique des fondements, des recherches et des pratiques. *Revue des Sciences de l'éducation*, 28 (2), 243-264. https://www.erudit.org/fr/revues/rse/2002-v28-n2-rse591/007353ar.pdf

Pernin, J.-P. (2003). Objets pédagogiques: unités d'apprentissage, activité ou ressources? *Sciences et Techniques Educatives Ressources numériques, XML et éducation*, 179-210. https://scholar.archive.org/work/lug6yyuyhbe5bhs3as7rhhocpy/access/wayback/http://www-clips.imag.fr/arcade/User/jean-philippe.pernin/recherche/download/Article_Pernin_%20Neuchatel07Nov03.pdf

Perriault, J. (2007). Le rôle de l'informatique dans la pensée en information et en communication. *Hermès, La Revue*, 48, 127-129. https://doi.org/10.4267/2042/24111

Petiet, F. (2019). *Réseau bayésien dynamique hybride: application à la modélisation de la fiabilité de systèmes à espaces d'états discrets*. (Thèse de doctorat, Université Paris-Est Automatique). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-02390519v1/document

Pierre R. (2003). Entre alphabétisation et littératie : les enjeux didactiques. *Revue française de linguistique appliquée*, VIII, 121-137. https://doi.org/10.3917/rfla.081.0121

Pierre-André, C., Mireille, B.-F., et Xavier, L. P. (2008). La contextualisation de modèles, une étape indispensable à un développement dirigé par les modèles? *LOBJET*. 13(4), 55-71, DOI:10.3166/obj.13.4.55-71

Plantard, P. (2007). TICE et nouvelles formations professionnelles à l'université: approches anthropologies. *CREAD Université de Haute Bretagne*.

Plantard, P. (2016). Temps numérique et contretemps pédagogiques en Collège connecté. *DMS: Enseignement et formation en régime numérique. Nouveau rythme, nouvelles temporalités?* https://doi.org/10.4000/dms.1660

Poellhuber, B., et Boulanger, R. (2001). Un modèle constructiviste d'intégration des YIC. *Rapport de recherche*, 19. Bruno Poellhuber https://cdc.qc.ca/textes/modele_constructiviste_integration_TIC.pdf

Pomian, J. (1987). Aux origines de l'Intelligence Artificielle: H. A. Simon en père fondateur. *Quaderni, n°1 printemps*, 9-25. DOI : https://doi.org/10.3406/quad.1987.2093

Porte, E. (2017). Médiation numérique: mutations des pratiques, transformation des métiers. *"Cahier de l'action", n°48*. https://injep.fr/publication/mediation-numerique-mutations-des-pratiques-transformation-des-metiers/

Poyet, F. (2014). Comprendre la construction des usages des TIC en formation: vers un modèle d'analyse systémique. (Thèse HDR, Université Claude Bernard Lyon1). https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/tel-01356322/document

Présidence, M. (2019). *Nouvelle stratégie nationale d'e-gouvernance.* Programme de Reformes pour l'Efficacité de l'Administration.

Proulx, J.-F. (2010). *Intégrer une approche de conception centrée utilisateur à une approche agile de développement logiciel*. (Mémoire Génie Industriel, Université d'Ingénieur). https://publications.polymtl.ca/455/1/2010_Jean-FrancoisProulx.pdf

Proulx, S. (2002). Les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société de savoir . *Annales de télécommunications*. 57, 180-189. https://doi.org/10.1007/BF02994632

QUAN, L. (2018). *Modélisation bayésienne des interactions multidimensionnelles dans un système complexe. application à la gestion des risques de crues*. (Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (Toulouse INP, 018). Récupéré sur https://theses.hal.science/tel-04200977v1/document.

Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains. *Armand Colin*. 239. https://hal.science/hal-01017462/document

Rahma, B. (2013). *Processus IDM pour l'intégration des patrons de sécurité dans une application à base de composants.* (Thèse de doctorat, Université de Toulouse II). https://theses.hal.science/tel-01265604/document

Rajaobelina, P. (1958). *Lala sy Noro.* Antananarivo: 1e édition. Rajaobelina frère.

Rakotomalala, H. F., Sambatra, E. J., et Totohasina, A. (2021). Étude sur les stratégies à mettre en oeuvre pour l'intégration effective des TIC dans le pratique pédagogique de l'enseignement Supérieur Technique de la Région DIANA: cas Antsiranana ville. *Actes du colloque intenational sur les TIC. juin 2012, TIC pour enseigner, TIC pour apprendre : Quelles stratégies ? Quelles perspectives ?* https://hal.science/hal-02903284

Rakotomalala, M. (2018). *Modélisation de l'apprentissage asynchrone dans une formation ouverte et à distance.* (Thèse de doctorat, Université Antananarivo). http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rakotomalalaMirisoa_ESPA_DNR_18.pdf

Rakotomanana, F., Andriamaro, F., Ravelo, A., Golaz, V., Gastineau, B., et Delaunay, V. (s.d.). (2020). Enfants hors l'école et analphabétisme à Madagascar: analyse des métadonnées et mesure. *Note de recherche de l'ODSEF. https://www.odsef.fss.ulaval.ca/sites/odsef.fss.ulaval.ca/files/uploads/MADAGASCAR_MAI_2020.pdf*

Ramanampiarivola, M. (2018). *Problématique de la construction des compétences professionnelles des enseignants FRAM du primaire à Madagscar*. (Thèse de doctorat, Université Antananarivo). http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/RamanampiarivolaMirindrasoa_DNR_ENS_2018.pdf.

Ramanantsoa, H., et Totohasina, a. (2014). Une stratégie d'intégration pédagogique des TIC dans l'enseignement des mathématiques à Madagascar. *Francetice*. http://blog.frantice.net/docannexe/fichier/1081/7.pdf

Ramarosandratana, T., Rakotomalala, M., Rasoanaivo, A. N., Rijamanana, T. A., et Andrianarimanana, J. C. (2021). L'introduction des TIC dans les Pratiques pédagogiques dans les collèges et ycées de la région Analamanga. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 180-188. https://ijpsat.org/index.php/ijpsat/article/view/3659

RAZAFIMBELO, J., et RAMANITRA, N. (2014). TIC, Éducation au Developpement Durable: Appuis et obstacles à Madagascar. *CIDST*. http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/razafindrabeHagaTsioryF_ENS_CPN_16.pdf

Razanakolona, L., Rapatsalahy, M. A., Razafimahatratra, H., Ilie, S., Mahatody, T., et Akam, N. (2022). Coupling of serendipity, affordance and taxonomy in digital competence: HCI for illiterates. *JSEA*. DOI: 10.4236/jsea.2022.157015.

Régimbeau, G. (2016). Intermédialités et référencement dans les médiations documentaires de l'image. *Dans le Dossier " La médiation au carrefour des disciplines et des contextes socioculturels",* 7, 67-82. https://hal.science/hal-01686453/document

Relaxation, S. (1984). Gibbs, Distribution, and the Bayesian Restoration of Images. S Geman and D. Geman. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. PAMI-6, 721-741. **DOI:** 10.1109/TPAMI.1984.4767596

Rézeau, J. (2002). Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement: du triangle au "carré pédagogique". *ASP la revue du GERAS*. 35-36, 183-200. https://doi.org/10.4000/asp.1656

Rinaud, J.-L. (2015). Médiation numérique en éducation . *Distances et Médiations des Savoirs*. 12. https://doi.org/10.4000/dms.1190

Rizza, C. (2009). La fracture numérique, paradoxe de la génération intenet: Fractures dans la société de la connaissance. *Hermès, La Revue*, 45, 25-32. https://doi.org/10.4267/2042/24031

Roman, J. (1963). *Essais de linguistique générale.* Traduit par Nicolas Ruwet. Paris: Editions de Minuit.

Roques, P., et Vallée, F. (2007). *UML 2en action. De l'analyse des besoins à la conception.* 4e édition. Paris: EYROLLE.

Rosselle, M. (2013). Les MOOC: Des dispositifs d'enseignement-apprentissage à personnaliser. *Atelier MOOC, EIμAH, Toulouse*. Repéré de https://ateliermooceiah2013.files.wordpress.com/2013/05/rosselle.pdf

Rota, V. M. (2010). *Gestion de projet vers les méthodes agiles.* 2e édition. Eyrolles.

Roudaut, A. (2010). *Conception et évaluation de technique d'interaction pour dispositifs mobiles.* (Thèse de doctorat, Télécom ParisTech, 2010). Récupéré sur https://pastel.hal.science/pastel-00005914v1/document.

Roudaut, A., et Lecolinet, E. (2007, novembre). Un espace de classification pour l'interaction sur les dispositifs mobiles. IHM '07: Proceedings of the 19th Conference on l'Interaction Homme-Machine. 96-106. https://doi.org/10.1145/1541436.1541456

Rouillard José, J. C. (2006). La plasticité des documents numériques. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série TSI : Technique et Science Informatiques,* Numéro spécial "Document numérique", 4. *https://hal.science/hal-01251660*

Russel, S., & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. 3e édition. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence.

Russell, S., et Norvig, P. (2010). *Intelligence Artificielle*. 3edition, Pearson France.

Sanchez, E. (2011). Usage d'un jeu sérieux dans l'enseignement sécondaire. Modélisation comportementale et épistémique de l'apprenant. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information*, 203-222.

Sanchez, E., Ney, M., et Labat, J.-M. (2011). Jeux sérieux et pédagogie universitaire: de la conception à l'évaluation des apprentissages. *RITPU IJTHE*. 8 (1-2), 48-57. https://edutice.hal.science/edutice-00613840/document

Scanagatta, Mauro, Campos, C. P., Giorgio, Coran, et Zaffalon, M. (2015). S. Learning Bayesian Networks with Thousands of Variables *Advances in Neurl Information Processin Systems 28*, 1864-1872. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2015/file/2b38c2df6a49b97f706ec9148ce48d86-Paper.pdf

Senach, B. (1990). *Évaluation de l'ergonomie des inetrfaces Homme-machine: une revue de la littérature.* RR-1180, INRIA. https://inria.hal.science/inria-00075378/file/RR-1180.pdf

Serna, A., Pinel, S., et Calvary, G. (2009, october). La plasticité des IHM en action: un exmple de téléprocédure plastique. *Proceedings of the IHM 09, 21 ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, 359-362. https://doi.org/10.1145/1629826.1629887

Seymour, K., Benyahia, N., Hérent, P., et Malhaire, C. (2019). Exploitation of data for research and artificial intelligence: Medical, ethical, legal, technical issues. *Imagerie de la femme. 29(2)*, 62-71. https://doi.org/10.1016/j.femme.2019.04.004

Shafer, G. R., et Shenoy, P. P. (1990). Probability propagation. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 2(11-4), 327-351. https://doi.org/10.1007/BF01531015

Shaikh, S., et Abro, S. (2019). Comparaison of Traditional & Agile Software Development Methodology: *International Journal of Software Engineering and Computer Systems*, 1-14. https://www.researchgate.net/publication/339385096_Comparison_of_Traditional_Agile_Software_Development_Methodology_A_Short_Survey

Simonnot, B. (2009). Usages, usagers et compétences informationnelles au XXIe siècle. Être usager de l'information en ligne nécessite_ t-il de nouvelles compétences? Traité des sciences et techniques de l'information. *Lavoisier - Hermès science*, 21-39.

Soupizet, J.-F. (2004). La fracture numérique: mesure det spécificités. *Aspects internationaux de la Société de l'information, Commission européenne*. http://www.polis.sciencespobordeaux.fr/resultats/colloque2003/Communications/SOUPIZET1.pdf

Stain, F., et Boussarghini, R. E. (2016). Enquête auprès des Instituts Universitaires de Formation des Maîtres. *IUFM de Bretagne*.

Suchman, L. (1989). Plans and Situated Actions -The Problem of Human/Machine Communication. *Intellectica*. 7, 67-96. https://www.persee.fr/doc/intel_0769-4113_1989_num_7_1_1374

Sue, T., Joseph, C., Jess, L., Mason, B., Mills, S., Perril, S., et Pullinger, K. (2007). Transliteracy: *Crossing divides. First Monday,* 12(12). https://doi.org/10.5210/fm.v12i12.2060

Szalvay, V. (2004, novembre). An introduction to Agile software development. *Danube technologies*. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=2efe4d840631ebf026fede741e85195e36f8b134

Zemiril, N., (2008). *Accès personnalisé à l'information: Vers un modèle basé sur les diagrammes d'influence.* (Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III). https://theses.hal.science/tel-00355844

Tarek, D., Settouti, L., Prié, Y., et Refay, C. (2009). Un Système à Base de Trace pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle. *LIRIS*. https://www.researchgate.net/publication/238745424_Un_Systeme_a_Base_de_Traces_pour_la_modelisation_et_l'elaboration_d'indicateurs_d'activites_educatives_individuelles_et_collectives_Mise_a_l'epreuve_sur_Moodle

Tchounikine, P. (2002). Quelques elements sur la conception et ingénierie des EIAH. *Actes des deuxièmes assises nationales du GdR I3.* https://telearn.hal.science/hal-00190110/document

Tchounikine, P. (2009). Précis de recherche en Ingénierie des EIAH. *hal-00413694-v2*. https://hal.science/hal-00413694v2/document

Telma. (2017). Corporate Review. *TELMA*. https://www.telma.mg/data/corporate/2017.pdf

Telma. (2019). Corporate review. *AXIAN Let's connect*. https://www.telma.mg/data/corporate/2019.pdf.

Têtu J.-F. (2002). Sur les origines littéraires des sciences de l'information et de la communication. In Bourne R. (dir), Les origines des sciences de l'information et de la communication : regards croisés. *Presses universitaires du Septentrion*. 71-93. https://shs.hal.science/halshs-00397407/document

Thibault, C. (2011). *Observation dans les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.* (Thèse HDR, Université de Chambéry).

https://www.researchgate.net/publication/267154628_Observation_dans_les_environnements_informatiques_pour_l%27apprentissage_humain_HDR

Thibert, R. (2012, novembre). Pédagogie+numérique=apprentissage 2.0. *Institut française de l'Éducation*. *Dossier d'actualité veille et analyses • n° 79*. https://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/79-novembre-2012.pdf

Tim, O. (2005). What is Web 2.0. Design Pattens and Business Models for the Next Generation of Software. *O'Reilly Media, Sebastopol (CA) USA*. https://www-public.imtbs-tsp.eu/~gibson/Teaching/Teaching-ReadingMaterial/OReilly07.pdf

Tricot, A. (1995). Un point sur l'ergonomie des Interfaces Hypermédias. *Le travail Humain*. 58(1), 17-45. https://tecfaetu.unige.ch/staf/staf9597/scherly/STAF15/Tricot.html

Tricot, A., et Plégat-Soutjis. (2003). Pour une approche ergonomie de la conception d'un dispositif de formation à distance utilisant les TIC. *STICEF*. 10,27. https://hal.science/hal-00696379/

Tricot, A., Fabienne, P.-S., Jean-François, C., alban, A., Gladys, L., Agnès, M. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité: interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. 391-402. https://edutice.hal.science/edutice-00000154v1/document

Trouvilliez, B. (2015). *Similarités de données textuelles pour l'apprentissage de textes courts d'opinions et la recherche de produits*. (Thèse de doctorat, Centre de Recehrche en Informatique de Lens). https://www.theses.fr/2013ARTO0403.pdf

UNESCO. (2018). A global framework of reference on digital literacy skills for indicator 4.4.2. *UNESCO INSTITUTE FOR STATISTICS*, UIS/2018/ICT/IP/51. https://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/ip51-global-framework-reference-digital-literacy-skills-2018-en.pdf

Unies, N. (2019). Transformation structurelle, industrie 4.0 et inégalités: enjeux pour la politique de la science, de la technologie et de l'innovation. *Commision de l'investissement, des entreprises et du développement*. https://unctad.org/system/files/official-document/ciid43_fr.pdf

Valenduc, G. (2012, février). Contre la fracture numérique, alphabétisation. *Journal de l'ALPHA N°182*. https://lire-et-ecrire.be/IMG/pdf/ja182_alphabetic.pdf

Vial, S. (2012). *La structure de la révolution numérique: Philosophie de la technologie*. (Thèse de doctorat, *Université Paris Descartes (Paris 5)*). https://theses.hal.science/tel-00776032v1/document

Villemonteix, F., et Nogry, S. (2016). Usages de tablette à l'école primaire: quelles contraintes sur l'activité pédagogique? *Recherche et formation.* 81, 79-92. https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2628

Vincent- Caroline. (2012). *Interactions pédagogiques "fortement multimodales" en ligne: le cas de tuteurs en formation.* (Thèse de doctorat, Université Lyons: ENS-LSH). https://theses.hal.science/tel-00765986v1/document

Vitali-rosati, M. (2014). Pour une définition du "numérique". Dans Vitali-rosati. Pratiques de l'édition numérique*. p 63-75. Pratiques de l'édition numérique*. Presse de l'Université de Montréal. https://doi.org/1866/13162

Vygotski, L. S. (1930). Internalization of higher psychological functions. *Mind in society L.S. Vygotski,.* https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2016/mc16.pdf

Walter, J., Douyère, D., Bouillon, J.-L., et Ollivier-Yaniv, C. (2019). Dynamiques des recherches en sciences de l'information et de la communication: 3e édition revue et complétée. *Conférence permanente des directeurs-trices des unités de recherche en sciences de l'information et de la communication*. https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01885229/file/dynamiques-recherches-en-information-communication-190627.pdf

Weber, P., et Jouffe, L. (2006). Complex system reliability modeling with dynamic object oriented Bayesian networks (DOOBN). *Reliability Engineering & System Safety*. 91 (12), 149-162. https://doi.org/10.1016/j.ress.2005.03.006

Weidl, G., Madsen, A. L., et Israelson, S. (2005). Application of object-orientend Bayesian networks for condition monitoring, root cause analysis and decision support on operation of complex continuous peocesses. *Computers & chemical engineering*, 29, (19), 1996-2009. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2005.05.005

Youssef, A. B. (2004). Les quatre dimensions de la fracture numérique. *Réseaux : communication, technologie, société*. 5 (127-128), 181-209. https://dx.doi.org/10.3917/res.127.0181

Yudelson M. V. (2017). *Individualizing Bayesian Knowledge Tracing. Are Skill Parameters More Important Than Student Parameters ?* In Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED592687.pdf

Annexe

Annexe I Les articles

Auteurs : Livaniaina Razanakolona, Noble Akam, Josvah Paul Razafimandimby, Anne Lubnaud Wimez. (2019). « L'alphabétisation, début de la culture numérique: essai de la littératie numérique à Madagascar ». Colloque Africampus à Abidjan.

Résumé : L'article propose une vue globale sur l'intégration du numérique dans le domaine d'apprentissage de base à Madagascar en reposant sur la conception d'un artéfact numérique dédié à l'alphabétisation en langue malgache. L'expérimentation est basée sur l'étude de cas de la métamorphose d'un premier livre pour apprendre à lire, à écrire la langue malgache et à compter correctement. L'impact du design sur le comportement des apprenants et la compétence en numériques sont les paramètres retenus pour avancer les perspectives au développement d'un artéfact numérique. Nous présentons ces paramètres, tant du point de vue informatique que du point de vue de la médiation pédagogique qui ont inspiré la recherche et présidé à la mise en œuvre du projet. Cet article s'appuie sur un travail de recherche pour une thèse pluridisciplinaire.

Mots clés : Culture numérique, littératie numérique, apprentissage de base, TIC, classe virtuelle, ingénierie pédagogique, innovation, analphabétisme.

Auteur: Livaniaina Razanakolona, Josvah Paul Razafimandimby, Andriamiandanomenjanahary H. C. C., Yassine Rhazali. (2020). « Approach Model Driven Engineering profiling group collaboration learner in mobile ». Elseiver Procedia Computer Science AMDE 2020. Poland.

Abstract: Model Driven Engineering (MDE) has shown its results in the software development, particularly with the Model Driven Architecture approach (MDA). While the learner group specification phase, to perform collaborative activities in an integrated Technology Enhanced Learning (TEL) embedded system, is in-depth. Our proposal is based on the model driven engineering in the context of learner profile. Our hypothesis is the clustering analysis and then the use of models extracted from the group profile during collaborative mobile

learning (m-Learning). These extracted models are at the heart of the approach we propose and which is the subject of this paper.

Keywords: ATL; Clustering; Learner profile; MDA; M-learning;

Auteur: Livaniaina Razanakolona, Andrianjaka Miary Rapatsalahy, Hajarisena Razafimahatratra, Sorin Ilie, Thomas Mahatody, Noble Akam. (2022). “Coupling of Serendipity, Affordance and Taxonomy in Digital Competence: HCI for Illiterates”. JSEA.

Abstract: This research work is the result of a multidisciplinary research for the design of a digital learning tool from the basic level. The computer science guarantees the technical concepts on the development of the tool. While the Information and Communication Science discipline describes the concepts of cognitive psychology with digital competence in computerization. The overall goal of this work is to provide an HCI component for basic level learning. It is about transforming a communication tool from a cognitive system to a digital learning tool adapted to the learner's level of digital competence. The author relies on the UML class diagram to identify the affordance and serendipity HCI property entities. The mathematical study of the similarity between these two properties allows us to update the learner's profile. Stephanie's approach was used when managing the learner's profile and the digital competency taxonomy to classify the learner's level of digital use. The principle of an expert system was taken up in this work to make the decision on the level of digital competence of the learner and to guide the solution so that the learning continues without interruption. This expert system integrates the data science of digital educational materials, defining its specificity. The algorithm of the realization summarizes the implementation of the whole approach. αβGasy@mobile is an application on Android for Malagasy language literacy. To learn the letter 'l' with this application, the initially low-level learner had an intermediate assessment score after 2 hours of continuous learning. Self-constructivism has been developed and strengthened by the HCI illiterate component. We have hundreds of learners for the case study and used a ten smartphone to 5 inches. On the selected samples, the results of the experiment are close to our objective. More precisely, the inactive time is almost non-existent, the learning time predefined in the system is close to reality, the speed of return on the interaction is fluid while the evaluation is notified.

Keywords

Affordance, Component guide, Expert system, HCI, Serendipity, UML

Annexe II Extraits d'IHM_CNO

Pour apprendre la lettre 'l', nous avons proposé la nouvelle illustration parapluie au moment où l'apprenant rencontre la difficulté pour apprendre à écrire. Elle est déclenchée uniquement lorsque le modèle du comportement de l'apprenant renvoie « DFR = = 1 »



(a) (b) (c)

La figure (a) est la page d'accueil de l'application. Pour apprendre à lire et à écrire il faut appuyer sur la première iconographique. La dernière page consultée est proposée à l'apprenant dès que cette iconographie est active.

La figure (b) est l'espace pour apprendre à écrire. Les boutons validation et annulation apparaissent dès que l'apprenant finit l'écriture. Au cas où le système déclenche le « DFR = =1 », la nouvelle illustration se manifeste sur la page active. Elle poursuit le mode d'apprentissage de l'apprenant. Nous avons l'illustration d'un parapluie (figure (c) pour apprendre la lettre 'l'. Le système ajoute une autre illustration toujours dans le même apprentissage tant que l'apprenant n'atteint pas un nouveau statut.

Annexe III Extraits des données expérimentales

<u>Première expérimentation du mi-juin 2018 au Aout 2018</u>

Nombre et caractéristiques des échantillons

Expérimentation avec E-space Cergy Pontoise

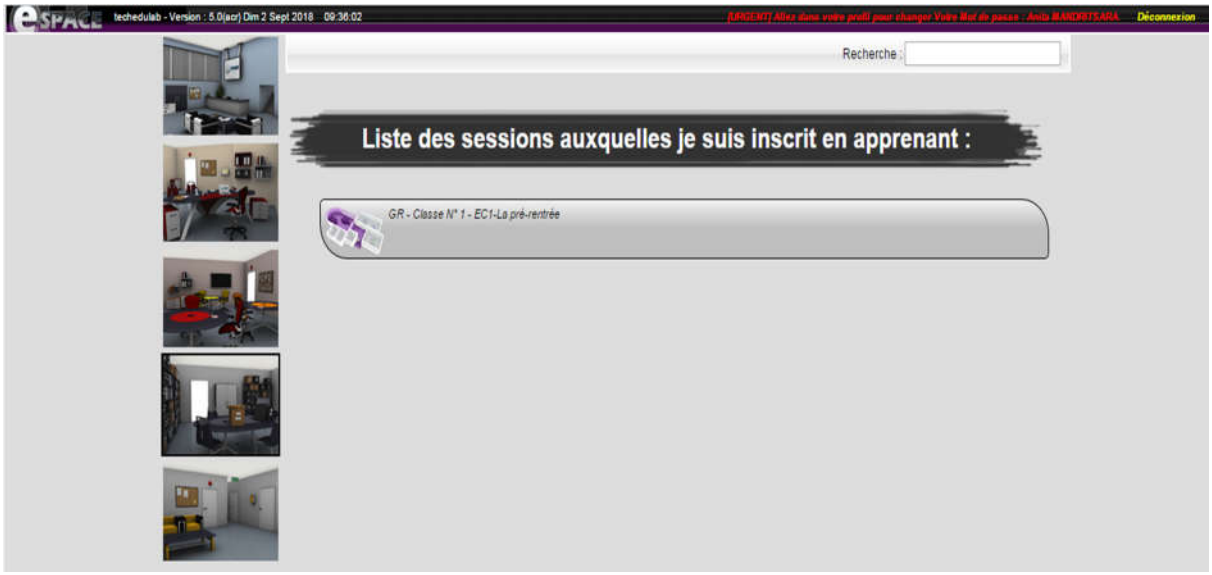
Nom	Occupation	N° S Age
A1	moyen	1 1 F 38
A2	collecteur	2 1 M 40
A3	collecteur	3 2 M 39

Nom	Occupation	N° S Age
A4	nounou	4 2 F 18
A5	nounou	5 3 F 19
A6	nounou	6 4 F 44
A7	collecteur	7 5 F 37
A8	nounou	8 3 M 17
A9	epicerie	9 6 F 35
A10	epicerie	10 7 F 38
A11	épicerie	11 8 F 40
A12	nounou	12 9 F 25
A13	Gardien particulier	13 4 M 30
A14	Moyen	14 5 M 24
A15	Moyen	15 10 F 35
A16	moyen	16 11 F 36
A17	Collecteur	17 6 M 41
A18	Collecteur	18 7 M 42
A19	epicerie	19 12 F 37
A20	epicerie	20 13 F 43

Accès de Anita dans la plateforme



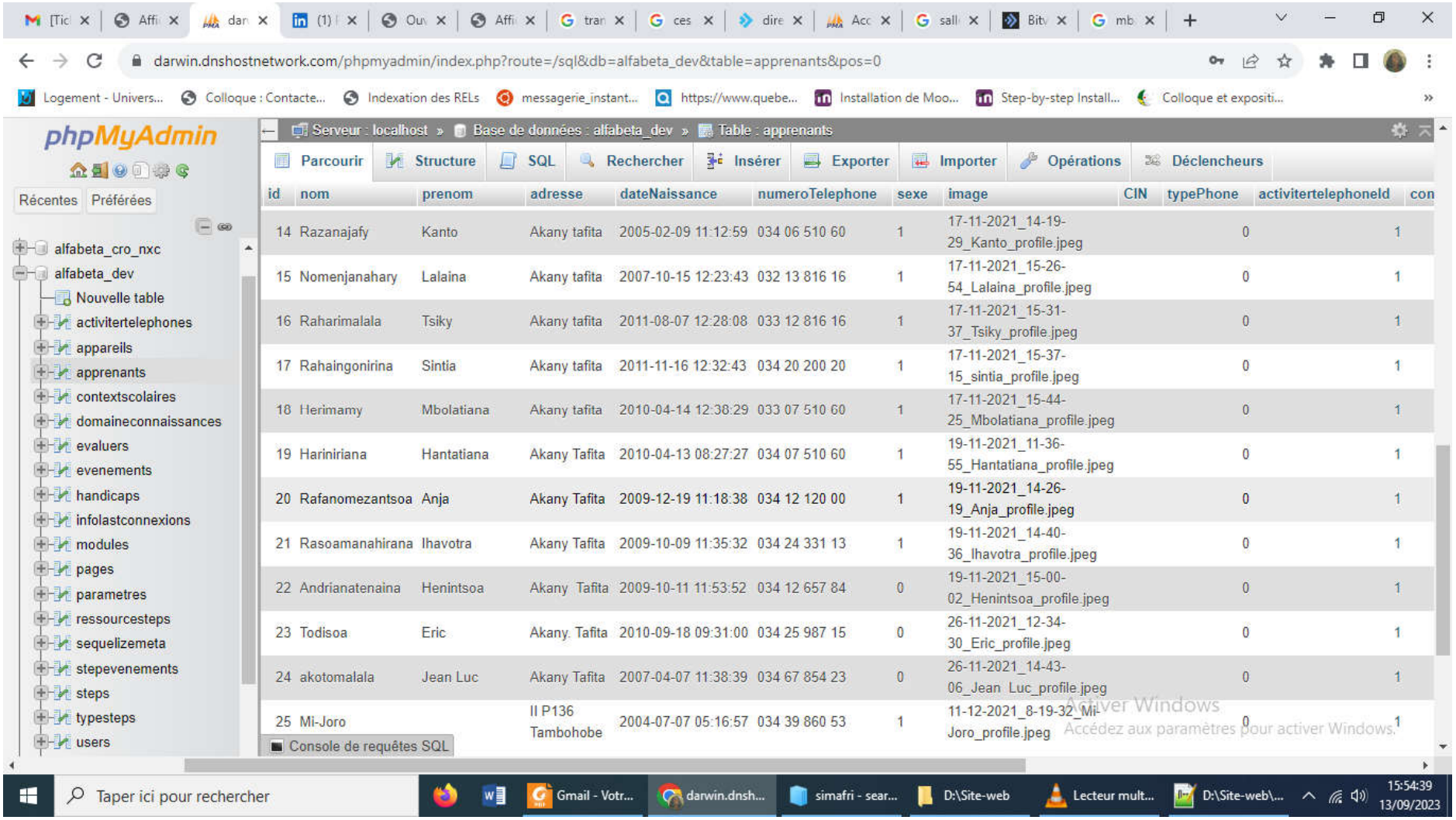
Préformation des Anita



Deuxième expérimentation avec le smartphone « ITEL A+16 »

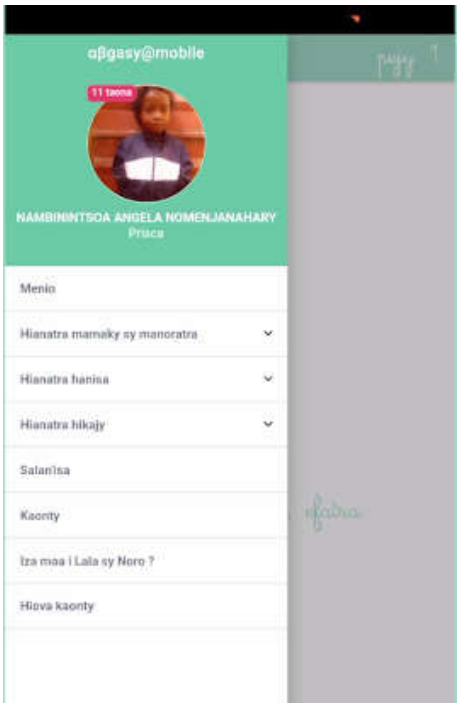
Échantillon des apprenants sur le serveur de SIMAFRI hébergé en France, mais géré à Maurice.

Quelques extraits des données sur la table « apprenants » dans la base de données « alfabetagasy.sql »



id	nom	prenom	adresse	dateNaissance	numeroTelephone	sexe	image	CIN	typePhone	activitertelephoneId	con
14	Razanajafy	Kanto	Akany tafita	2005-02-09 11:12:59	034 06 510 60	1	17-11-2021_14-19-29_Kanto_profile.jpeg		0	1	
15	Nomenjanahary	Lalaina	Akany tafita	2007-10-15 12:23:43	032 13 816 16	1	17-11-2021_15-26-54_Lalaina_profile.jpeg		0	1	
16	Raharimalala	Tsiky	Akany tafita	2011-08-07 12:28:08	033 12 816 16	1	17-11-2021_15-31-37_Tsiky_profile.jpeg		0	1	
17	Rahaingonirina	Sintia	Akany tafita	2011-11-16 12:32:43	034 20 200 20	1	17-11-2021_15-37-15_sintia_profile.jpeg		0	1	
18	Herimamy	Mbolatiana	Akany tafita	2010-04-14 12:38:29	033 07 510 60	1	17-11-2021_15-44-25_Mbolatiana_profile.jpeg		0	1	
19	Hariniriana	Hantatiana	Akany Tafita	2010-04-13 08:27:27	034 07 510 60	1	19-11-2021_11-36-55_Hantatiana_profile.jpeg		0	1	
20	Rafanomezantsoa	Anja	Akany Tafita	2009-12-19 11:18:38	034 12 120 00	1	19-11-2021_14-26-19_Anja_profile.jpeg		0	1	
21	Rasoamanahirana	Ihavotra	Akany Tafita	2009-10-09 11:35:32	034 24 331 13	1	19-11-2021_14-40-36_Ihavotra_profile.jpeg		0	1	
22	Andrianatenaina	Henintsoa	Akany Tafita	2009-10-11 11:53:52	034 12 657 84	0	19-11-2021_15-00-02_Henintsoa_profile.jpeg		0	1	
23	Todisoa	Eric	Akany. Tafita	2010-09-18 09:31:00	034 25 987 15	0	26-11-2021_12-34-30_Eric_profile.jpeg		0	1	
24	akotomalala	Jean Luc	Akany Tafita	2007-04-07 11:38:39	034 67 854 23	0	26-11-2021_14-43-06_Jean Luc_profile.jpeg		0	1	
25	Mi-Joro		II P136 Tambohobe	2004-07-07 05:16:57	034 39 860 53	1	11-12-2021_8-19-32_Mi-Joro_profile.jpeg		0	1	

Apprenant Prisca apprend avec l'application sur le smartphone





Annexe IV Questionnaire d'analyse pour les deux groupes d'apprenants

AG1 : Apprenants du premier groupe. Ce sont les apprenants qui ont travaillé avec l'e-space sur ordinateur.

AG2 : Apprenants du deuxième groupe. Ce sont les apprenants qui ont travaillé avec l'application sur le smartphone.

Technologie	**Pas du tout d'accord AG1**	**Tout à fait d'accord AG1**	**Pas du tout d'accord AG2**	**Tout à fait d'accord AG2**
L'accès à la plateforme est aisé	20			201
La présentation de l'ensemble du dispositif de formation sur la plateforme est claire		20		201
La navigation à travers la plateforme est pratique	8	12		201
Vous naviguez avec aisance et rapidement dans les différents menus	0	0	21	180
L'ensemble des fonctionnalités de la plateforme sont faciles d'utilisation : calligraphie, écoute	0	0	7	190
Vos droits d'accès vous permettent d'utiliser toutes les fonctionnalités de la plateforme				
Aspect pédagogique	**Pas du tout d'accord**	**Moyennement d'accord**	**D'accord**	**Tout à fait d'accord**
Les contenus proposés dans cette formation sont adaptés aux		**20**		**201**

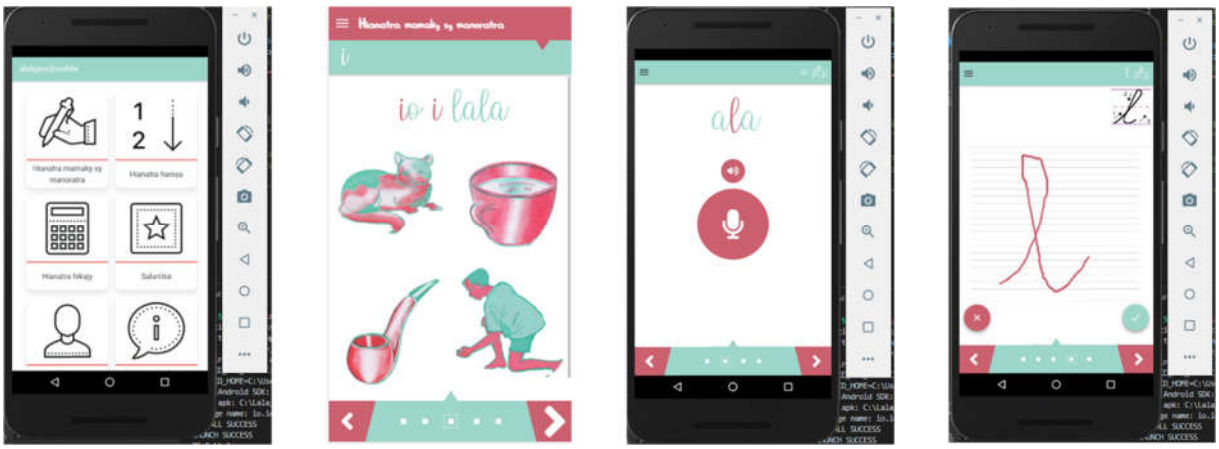
Technologie	Pas du tout d'accord AG1	Tout à fait d'accord AG1	Pas du tout d'accord AG2	Tout à fait d'accord AG2
objectifs fixés de chaque module				
Les contenus proposés par module sont bien structurés	**7**	**13**		**201**
Objectif de l'usage est claire	8	12		201
Les ressources pédagogiques sont pertinentes	5	11		201
Les activités proposées sont adaptées à la formation à distance	9	11	6	195
Les consignes disponibles sur la plateforme sont claires et structurées et vous permettent de réaliser l'activité	5	11	22	179
Les activités sont cohérentes avec l'objectif de l'usage		20	31	170
Les activités proposées sont adaptées aux objectifs poursuivis dans cette formation		20	31	170
Le tuteur vous accompagne durant toute la formation		20	56	155

Annexe V Extrait page « Lala sy Noro »

Présentation de la version papier des pages 5 et 6 du livre « Lala sy Noro » pour apprendre les lettres « o » et « a ».



Présentation version papier des pages 5 et 6 du livre « Lala sy Noro » pour apprendre les lettres « o » et « a ».



Présentation version numérique pour apprendre la lettre « l »

Tableau de l'organisation de l'information pour le premier groupe d'apprenant

Les unités	Modèle pédagogique	Stratégie d'apprentissage	Présentation des activités
Unité 1 « Apprendre à lire et à écrire »	Modèle behavioriste, Modèle constructiviste, socio-constructiviste	Stratégie de redécouverte guidée, expositive	Activités individuelle, collective, collaborative et locale
Unité 2 « compter et Calculer autrement »	Modèle behavioriste, Modèle constructiviste, socio-constructiviste	Stratégie expositive, redécouverte guidée et résolution de problème	Activités individuelle, collective, collaborative et locale
Unité 3 «Découvrir les atouts de la compétence en lecture »	Modèle behavioriste, Modèle socio-constructiviste	Stratégie par résolution de problème, métacognitive	Activités individuelle, collective, collaborative et locale

Modèle conceptuel metadata de LOM v 1.0

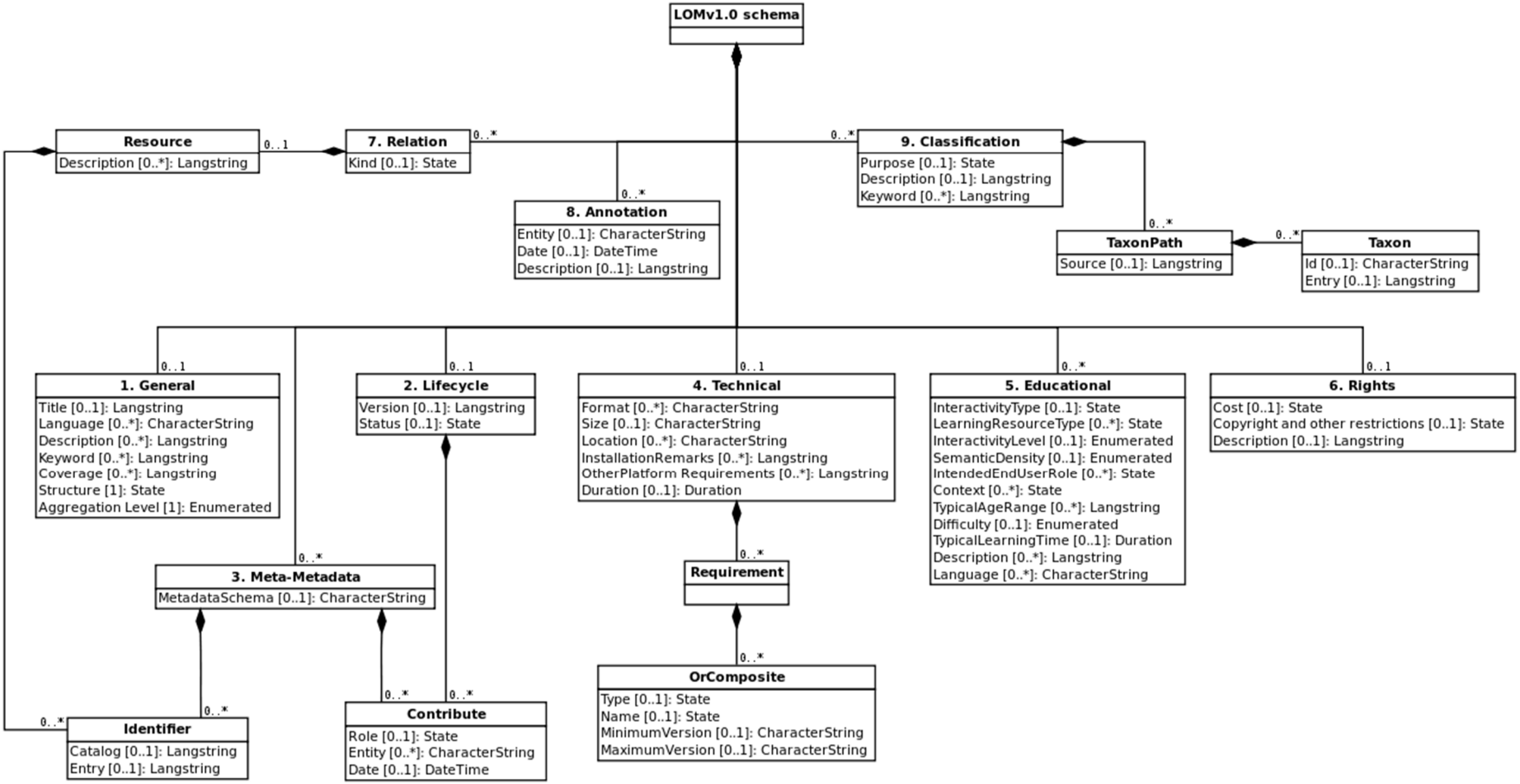


Figure 0.4: Schéma conceptuel metadata de LOM ()

Table des matières

Remerciements ii

Résumé iii

Abstract vi

ACRONYMES ix

SOMMAIRE xi

Liste des figures xv

Liste des tableaux xvii

Liste des algorithmes xviii

Prolégomènes xix

Le sens du vocable numérique en Communication xxiii

Les outils numériques et les dispositifs numériques de formation. xxv

UML ou Unified Modeling Langage (Booch et al., 1999) xxvii

L'application « αβGasy@mobile » xxvii

0. Introduction générale 1

0.1 Contexte général 3

0.2 Problématique et hypothèses 8

0.3 Positionnement des travaux de recherche 9

0.4 Plan du manuscrit 13

Partie I Champ de la problématique 15

Chapitre I. Politique publique du numérique à Madagascar 16

I.1 L'infrastructure numérique à Madagascar 17

I.2 Les plateformes numériques à Madagascar 19

Chapitre II. Les impacts des numériques à Madagascar 24

II.1 Une forte croissance de l'utilisation 24

II.2 La situation numérique dans le système éducatif malgache 25

Chapitre III. Analyse de l'existant à Madagascar 30

III.1 Usage des Technologies de l'Information et de la Communication 30

III.2 Analyse des besoins 31

Partie II : État de l'art 36

Chapitre IV. Contexte de l'environnement numérique de travail en apprentissage 37

IV.1 L'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain de Tchounikine 37

IV.1.1 Les méthodes de conception EIAH 39

IV.1.2 La méthode d'évaluation EIAH 43

IV.2 Les concepts de la littératie numérique 45

IV.3 La culture numérique 47

Chapitre V. Interopérabilité du système d'information 49

V.1 La médiation en SIC 50

V.2 La médiation pédagogique 51

V.2.1 La médiation dans la formation en présentiel 51

V.2.2 La médiation dans la formation à distance 51

V.2.3 La médiation pédagogique avec le numérique (de l'ingénierie à l'innovation) 52

V.3 La médiation numérique des savoirs 56

V.4 Les modèles de connaissances par la navigation web 57

Chapitre VI. Le processus informatisation 60

VI.1 Le processus du développement logiciel 60

VI.1.1 La méthode traditionnelle 60

VI.1.2 La méthode Agile 61

VI.1.3 Comparaison Méthode Traditionnelle et Agile 63

VI.2 Méthode de développement d'un module d'application 64

VI.2.1 Ingénierie Dirigée par le Modèle 65

VI.2.2 MACAO 67

Chapitre VII. Les composants et les lieux de la modélisation 71

VII.1 La transposition informatique de la didactique mathématique de Nicolas Balacheff

71

VII.2 L'univers interne « αβGasy@mobile » 73

VII.3 Les traces numériques d'interaction à l'inscription de connaissances 74

VII.4 Les concepts de l'Intelligence Artificielle 79

VII.5 La didactique computationnelle de Nicolas Balacheff 80

Partie III Traitement du modèle de l'environnement numérique en petite classe et en alphabétisation 81

Chapitre VIII. La taxonomie des compétences numériques 83

VIII.1 Fondements de la littératie numérique 85

VIII.1.1 La représentation de Buckingham 88

VIII.1.2 Le langage de Buckingham 89

VIII.1.3 La production de Buckingham 90

VIII.1.4 Le public de Buckingham 91

VIII.1.5 Analyse de l'usage sur le média « smartphone ITEL » 92

VIII.2 L'appropriation et les compétences en numérique 96

VIII.2.1 Le processus d'appropriation en numérique 97

VIII.2.2 L'amorce de Plantard 101

VIII.2.3 La confiance de Plantard 102

VIII.2.4 La construction de Plantard 104

VIII.2.5 L'autonomisation de Plantard 106

VIII.2.6 Analyse du processus d'appropriation « αβGasy@mobile »: 108

VIII.3 Orchestration de l'appropriation avec la compétence du/en numérique 109

VIII.3.1 La taxonomie des compétences numériques 110

VIII.3.2 Niveau 1 : la « PERCEPTION » ou base du skill 111

VIII.3.3 Niveau 2 : la « FAMILIARISATION » : 114

VIII.3.4 Niveau 3 : la « PRATIQUE » : 116

VIII.3.5 Niveau 4 la « COLLABORATION »: 117

VIII.4 Les compétences de base 119

Chapitre IX. Articulation entre les SIC et l'Informatique : La médiation numérique basée sur la taxonomie des compétences numérique 122

IX.1 La fonction de communication « référentielle » 122

IX.2 La fonction de communication « conative » 122

IX.3 La fonction de communication « poétique » 123

IX.4 La fonction de communication « métalinguistique » 123

IX.5 Médiation de perception 124

IX.6 Médiation de familiarisation 125

IX.7 Médiation pour les pratiques (IHM avec le caractéristique de la compétence pratique) 126

IX.8 Médiation pour la collaboration 127

Chapitre X. Phase d'abstraction des Compétences – Approches et modèles 129

X.1 La contextualisation du problème (Espace du problème) 131

X.2 La conception de l'IHM-PERCEPTION 133

X.3 Modèle de comportement de l'apprenant 136

X.4 Approche par « RB-D'influence » 137

X.4.1 Le réseau Bayésien 137

X.4.2 Définition formelle de RB (QUAN, 2018) 139

X.4.3 Extension du Réseau Bayésian 142

X.4.4 Le diagramme d'influence (Mirad, 2015) 143

X.5 La construction du système comportement de l'apprenant 144

X.5.1 Les concepts de base pour le système de comportement 145

X.5.2 La construction du Réseau Bayésien 146

X.5.3 Paramétrage des variables 152

X.5.4 Algorithme du diagramme pertinent 157

X.6 Le système de recommandation ou algorithme d'orientation 158

X.6.1 Le module « traitement des traces » : Le module traitement des données 159

X.6.2 Le profil d'un apprenant de Stéphanie Jean-Daubias 161

X.6.3 Le module acquisition et sortie des données 165
X.7 . Le composant « IHM-CNO » (Razanakolona, et al., 2022) 165
X.7.1 L'affordance et son rôle en IHM 167
X.7.2 La « sérendipité » et son rôle en IHM 168
X.7.3 Mesure de similarité pour la sérendipité et l'affordance 171
X.8 Algorithme du nouveau composant du menu 174
X.9 Résultats et discussions 175
X.9.1 Outil d'évaluation 175
Partie IV Étude de cas 184
Chapitre XI. Étude théorique et conception d'une application 185
XI.1 Le choix du livre « *Lala sy Noro* » 186
XI.1.1 Environnement technique d'une pédagogie numérique 186
XI.1.2 Attentes par rapport à une pédagogie numérisée 188
XI.2 Structuration des contenus 190
XI.3 Élaboration du scénario pédagogique et les interfaces 193
XI.4 La conception des supports multimédias 195
XI.5 Étude comparative « Méthode Boscher » et « Lala sy Noro » 199
XI.6 La technologie de l'information et de la communication en éducation (TICE) 201
XI.6.1 Les dispositifs numériques pédagogiques 202
XI.6.2 La formation ouverte et à distance 203
XI.6.3 Les jeux pédagogiques 209
Chapitre XII. Prototype de la métamorphose du manuel vers le numérique 210
XII.1 Un outil présentiel vers un outil numérique 210
XII.2 Le passage du support manuel au support numérique 216
XII.2.1 La structure base de données 222
XII.2.2 Extension des données 225
XII.3 De La pédagogie présentielle vers la pédagogie numérique 226
XII.3.1 La méthode d'évaluation 230

XII.3.2 Un exemple de diagramme d'activité ... 231
XII.4 De l'environnement présentiel à l'environnement numérique ... 233
XII.4.1 L'environnement Numérique de Travail ... 234
XII.5 D'une assistance présentielle à une assistance à distance ... 236
XII.6 De l'administration présentielle à une administration à distance ... 240
Chapitre XIII. Basculement vers application mobile ... 242
XIII.1 Méthode SCRUM ... 242
XIII.2 Le modèle architecture ... 244
XIII.2.1 Le diagramme package UML de l'application « αβGasy@mobile » ... 245
XIII.2.2 Le diagramme de composants UML de l'application « alfabetagasy » ... 254
Chapitre XIV. Expérimentations ... 256
XIV.1 Protocole expérimental ... 256
XIV.1.1 Échantillonnage ... 258
XIV.1.2 Méthode d'analyse des résultats ... 261
XIV.2 Expérimentation avec « e-space » ... 261
XIV.2.1 Les outils de la plateforme de formation « e-space » ... 261
XIV.2.2 Déroulement de l'expérimentation ... 262
XIV.2.3 Résultats de la première expérimentation ... 263
XIV.3 Expérimentation avec « αβGasy@mobile» ... 264
XIV.3.1 Les outils de la plateforme ... 265
XIV.3.2 Déroulement de l'expérimentation ... 266
XIV.3.3 Résultats de la deuxième expérimentation ... 267
XIV.4 Bilan général ... 267
XIV.5 Discussions générales ... 270
Partie V- Conclusion générale et perspectives ... 272
Contributions majeures ... 272
Des limites et des perspectives dans un domaine de recherche émergent ... 274
Conclusion ... 276

Glossaire xxviii

Bibliographie..... xxxii

Références Webographies.....**Erreur ! Signet non défini.**

Annexe lxiii

Annexe I Les articles..... lxiii

Annexe II Extraits d'IHM_CNO lxv

Annexe III Extraits des données expérimentales lxv

Annexe IV Questionnaire d'analyse pour les deux groupes d'apprenants..... lxvii

Annexe V Extrait page « Lala sy Noro »..... lxviii

Tableau de l'organisation de l'information pour le premier groupe d'apprenant..... lxix

Modèle conceptuel metadata de LOM v 1.0..... lxx

Table des matières lxxii