



Numéro National
de Thèse :
2017LYSEN016

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON
Opérée par
L'Ecole Normale Supérieure de Lyon

Ecole Doctorale ED 485
Sciences de l'éducation, Information, Communication, Psychologie

Spécialité de doctorat : Didactique des sciences
Discipline : Sciences de l'éducation

Soutenue publiquement le 20/06/2017, par :
Taima del Carmen PEREZ ROSILLO

Un modèle dédié à la conception et l'analyse de ressources numériques visant leur appropriation par les élèves

---

Devant le jury composé de :

Villemonteix, François	MCF/HDR Université de Cergy Pontoise	Rapporteur
Marzin-Janvier, Patricia	MCF / HDR Université de Grenoble	Rapporteur
Trouche, Luc	Professeur ENS-Lyon	Examinateur
Cerisier, Jean-François	Professeur Université de Poitiers	Examinateur
Rufer-Trgalova, Jana	MCF Université Lyon 1	Examinatrice
Sanchez, Eric	Professeur Université de Fribourg	Directeur de thèse

Remerciements

Ce travail de thèse est le résultat d'un effort soutenu accompagné par plusieurs des membres de l'équipe EducTice de l'Institut Français de l'Education. Je remercie d'abord Éric Sanchez, directeur de cette thèse, de m'avoir engagée pour entreprendre ce travail, d'avoir fait confiance à mes intuitions scientifiques, ainsi que pour la liberté qu'il m'a donnée pour travailler en autonomie tout en respectant mes critères. Je remercie Réjane Monod-Ansaldi, d'avoir accompagné plusieurs démarches méthodologiques de cette thèse, notamment celles concernant l'analyse du jeu « Mets-toi à table ! », jeu pour lequel elle a collaboré en tant que conceptrice, ainsi que pour son accompagnement logistique. Un grand merci également à Jana Rufer-Trgalova pour m'avoir posé les bonnes questions, et avoir suivi mes intuitions quant à la dimension didactique de cette thèse. Jana m'a aidé à concrétiser par exemple des éléments clés au cadre théorique tels que l'« usage prescrit - usage réel », le concept de « ressource scénarisée » ; ainsi que d'autres apports plus intentionnels tels que la distinction entre l'artefact et l'instrument dans une *situation d'apprentissage instrumentée*. Il convient de mentionner la contribution de Jacques Vince, qui a collaboré dans la modélisation des *situations d'apprentissage instrumentées*. Je remercie également Sébastien Jolivet pour ses contributions liées à la définition des fonctionnalités techniques de la tablette, Philippe Daubias pour ses supports techniques, Muriel Ney pour m'avoir conseillé de prendre en compte les schèmes d'utilisation et Celso Gonçalves pour nous avoir légué son modèle d'appropriation. Je remercie également l'équipe EducTice pour m'avoir accueillie lors de ces trois années de travail ininterrompues.

Je souhaiterais également remercier les équipes d'enseignants concepteurs avec lesquelles j'ai pu travailler sur le terrain. J'apprécie notamment l'ambiance créative et conviviale offerte par l'équipe des enseignants concepteurs du Lycée Madame de Staël de Saint-Julien en Genevois, l'équipe géomatique, et Christophe Boizier. Je remercie le projet Tactiléo pour le financement de cette thèse et l'accompagnement, l'ENS et l'école doctorale EPIC pour toute la formation, le financement et l'accompagnement reçus, au labo S2HEP et ses doctorants pour toute leur solidarité, notamment à Sabine Legrand-Rabondin, Jennifer Bernard et Baptiste Baylac-Paouly.

Mes remerciements s'adressent également à David Pucheu, Hassina El Kechai et au master EUROMIME, pour m'avoir permis de réaliser ma formation professionnelle en mobilité. J'exprime ma gratitude envers la France pour m'avoir accueillie en tant qu'étudiante sur sa plateforme éducative lors du master et du doctorat. Mes remerciements aux très chères amies de l'IFE qui m'ont donné leurs affections sincères lors de ces trois années de thèse : Céline Blanes, Nicolas Lechopier, Charles-Henri Eyraud, Pierre Bénech et Muriel Pommier.

Résumé

Dans le cadre du projet Tactiléo (Projet E-éducation, Investissements d'avenir), nous avons évalué l'appropriation des ressources numériques par les élèves du secondaire, dans le cadre de *situations d'apprentissage instrumentées* par les interfaces tactiles. Nous avons modélisé l'insertion des appareils informatiques dans le système didactique (notamment de la tablette). Cette modélisation nous a permis de comprendre que l'appropriation d'une ressource numérique peut être évaluée en considérant que « conception » et « usage » sont des processus itératifs.

Nous définissons la ressource numérique comme l'ensemble des applications et des documents numériques utilisés par les élèves pour résoudre des tâches instrumentées. Notre modèle est basé sur trois axes théoriques : la *Théorie des Situations Didactiques* (Brousseau, 1998 ; Goncalves, 2013), La *Théorie de la Genèse Instrumentale* (Rabardel, 1995) Et la *Théorie de l'Activité* (Leontiev, 1978 ; Vygotsky, 1978 ; Amigues, 2013). Nous avons construit une méthodologie pour évaluer l'appropriation de ressources numériques à partir de deux principes théoriques : « la conception (d'une ressource numérique) se poursuit dans l'usage » et « à travers un processus de dévolution, la conception (d'une ressource numérique*)* vise son appropriation ». Nous nous interrogeons sur les points suivants : comment l'appropriation d'une ressource numérique peut-elle être évaluée lors de son usage ? Comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à sa réingénierie ? Et comment concevoir et utiliser un modèle de conception et d'analyse d'usages de ressources numériques fondé sur la prise en compte de leur appropriation ?

Notre recherche comprend la modélisation de la conception de ressources numériques, l'analyse de l'usage du jeu « Mets-toi à table ! » (MTAT) et l'évaluation de son appropriation par une classe. Différentes études ont été menées :

- l'analyse des réponses à un questionnaire par cinq équipes de concepteurs du projet Tactiléo, pour identifier les tâches qu'il est possible de prescrire à partir de la mise à profit des fonctionnalités techniques de la tablette ;
- une étude de l'usage d'un jeu de cartes dédié à la conception, en vue de tester sa pertinence en tant qu'outil d'appui à la conception des *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette ;
- une analyse *a priori* du jeu MTAT, pour identifier sa structure : activités, actions et stratégies possibles et optimales ;
- l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT » par une classe, à partir de l'analyse des *traces numériques d'interaction*[1] collectées de manière automatique, et d'un entretien d'autoconfrontation.

Ce travail a permis des avancées conceptuelles, méthodologiques et pragmatiques :

- d'un point de vue théorique, l'apport de ce travail consiste singulièrement sur l'introduction de la technologie dans le système didactique. Plutôt que de considérer que les technologies exercent un impact sur les apprentissages, nous considérons qu'elles sont consubstantielles à leurs utilisateurs et aux situations dans lesquelles elles sont utilisées. Ainsi, nous proposons un modèle pour la conception et l'analyse de l'appropriation de ressources numériques qui prend en considération

[1] Une *trace numérique d'interaction* est « un enregistrement numérique d'événements temporellement situés, observés durant un processus interactif entre un agent (humain ou artificiel) et un environnement numérique » (Cordier et al. 2014 : 2).

l'introduction de la tablette dans le système didactique, et son influence dans les rapports entre l'enseignant, l'élève et le savoir. Ce modèle intègre la question de la prise en compte de l'appropriation des ressources numériques au cours du processus de conception d'une *situation d'apprentissage instrumentée* ;

- les apports méthodologiques de notre travail consistent dans la mise au point d'une méthodologie mixte pour l'analyse des artefacts informatiques. Cette méthodologie intègre une approche ethnographique basée sur l'analyse d'enregistrements vidéo de l'activité et leur usage pour des entretiens d'auto-confrontation, ainsi que le recueil et l'analyse de *traces numériques d'interaction* recueillies ;

- d'un point de vue pragmatique, ce travail a également produit une méthodologie de conception de ressources numériques intégrant la question de leur appropriation. Cette méthodologie se matérialise sous la forme d'un jeu de cartes dédié à la conception collaborative.

Sommaire

Table des matières

Remerciements 2

Résumé 3

Sommaire 5

Introduction 9

1 De la commande à la problématique 13

1.1 Une pression institutionnelle pour l'intégration de la tablette, malgré un manque d'applications adaptées 14

1.1.1 De l'apparition de la tablette à son usage pédagogique 14

1.1.2 L'adoption de la tablette en France 15

1.1.4 Le projet Tactiléo 17

1.2 Le besoin d'une nouvelle approche 19

1.2.1 La *situation d'apprentissage instrumentée* 19

1.2.2 Les termes usage, ressource et analyse 20

1.2.3 La reconfiguration des interactions 21

1.2.3.1 La prise en considération des fonctionnalités techniques de la tablette dans la conception de ressources numériques 21

1.2.3.1.1 Les fonctionnalités techniques de la tablette 22

1.2.3.1.2 Les potentialités des fonctionnalités techniques de la tablette pour la prescription de tâches d'apprentissage 25

1.2.3.2 La prise en compte des comcepteurs et utilisateurs 28

1.2.3.3 La ressource de l'élève et celle de l'enseignant 29

2 L'appropriation de ressources numériques 30

2. 1 L'appropriation, *au sens* large 32

2.2 L'appropriation dans notre cadre théorique 33

2.2.1. L'appropriation selon la TSD 35

2.2.2 L'appropriation selon la TAI 38

2.3 La ressource numérique 39

2.3.1 L'artefact : ressource de l'élève 39

2.3.2 Des situations : ressources de l'enseignant 40

2.3.3 La ressource numérique 41

2.4 La *situation d'apprentissage instrumentée* 43

2.4.1 Dimension « élève » 44

2.4.2 Dimension « enseignant » 45

2.4.3 Dimension « savoir » 45

2.4.4 Dimension « appareil informatique » 46
2.4.5 Le *milieu didactique* d'une *situation d'apprentissage instrumentée* 47
2.5 Problématique 49
2.5.1 Les questions de recherche 50
2.5.2 Les hypothèses 51
3 L'appropriation d'une ressource numérique : entre modélisation de la conception et analyse de l'usage 54
3.1 Vers la construction des indicateurs de dévolution et d'appropriation 56
3.1.1 La *situation d'apprentissage instrumentée* 56
3.1.2 La ressource numérique 57
3.1.3 Méthodologie suivie 58
3.1.4 L'outil final 60
3.2 Modéliser la conception de ressources numériques pour offrir aux enseignants des outils d'appui à la conception 63
3.2.1 Un questionnaire, pour identifier les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette 65
3.2.2 Mise en expérimentation exploratoire d'un jeu de cartes pour la conception, visant à vérifier sa pertinence comme outil 66
3.2.3 Analyse *a priori* du jeu MTAT pour identifier les activités, les actions et les stratégies possibles que la ressource permet d'élaborer 89
3.3 Analyser l'usage d'une ressource numérique, pour évaluer son appropriation par les élèves 107
3.4 Les aspects éthiques pris en compte dans cette recherche 112
3.4.1 Le cadre légal 112
3.4.2 Mesures prises dans le cadre des travaux qui ont été conduits 113
4 De la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, à l'appropriation d'une ressource numérique 114
4.1 Résultats et discussions des études concernant la modélisation de la conception 114
4.1.1 Les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette 114
4.1.2 Favoriser l'appropriation d'une ressource numérique en s'appuyant sur un jeu de cartes lors de la conception 120
4.2 Les résultats concernant l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT par une classe 130
Conclusions 138
Références 143
Anexes 148
1) Documents 148
2) Analyse manuelle de la *trace numérique d'interaction* 149
3) Analyse automatique de la *trace numérique d'interaction* d'une classe du cours de MPS avec le jeu MTAT 174

Table des figures

FIGURE 1 : LA DOUBLE DIMENSION THEORIQUE DE L'APPROPRIATION 34
FIGURE 2 : SCHEMA D'INTERACTION DES PRINCIPES THEORIQUES 34
FIGURE 3 : LE SYSTEME DIDACTIQUE D'UNE *SITUATION D'APPRENTISSAGE INSTRUMENTEE* 44
FIGURE 4 : PRISE EN COMPTE DE LA SPECIFICITE FONCTIONNELLE DE L'APPAREIL INFORMATIQUE UTILISEE DANS LA CONCEPTION DES *SITUATIONS D'APPRENTISSAGE INSTRUMENTEES* PAR DES RESSOURCES NUMERIQUES .. 46
FIGURE 5 : LE MILIEU DIDACTIQUE D'UNE *SITUATION D'APPRENTISSAGE INSTRUMENTEE* 48
FIGURE 6 : CONCEPTION ITERATIVE VISANT L'APPROPRIATION 50
FIGURE 7 : SCHEMA DES DIMENSIONS ETUDIEES, POUR LA MODELISATION DE LA CONCEPTION, ET DE L'ANALYSE DE L'USAGE DE RESSOURCES NUMERIQUES, CONCERNANT L'APPROPRIATION EN TERMES DE PROCESSUS D'INSTRUMENTATION 55
FIGURE 8 : SIMULATION EN ELECTROCINETIQUE 57
FIGURE 9 : RECTO ET VERSO D'UNE CARTE TYPE 1 (NIVEAUX D'APPROPRIATION EXPLORER) 69
FIGURE 10 : RECTO - VERSO D'UNE CARTE TYPE 2 (OBJECTIF D'APPRENTISSAGE) 74
FIGURE 11 : RECTO - VERSO D'UNE CARTE TYPE 3 (ÉVALUATION DE L'APPROPRIATION) 75
FIGURE 12 : CODE COULEUR DES CARTES PAR NIVEAUX D'APPROPRIATION 75
FIGURE 13 : CODE COULEUR DES CARTES DISCIPLINAIRES 76
FIGURE 14 : CODE COULEUR DES CARTES DISCIPLINAIRES 76
FIGURE 15 : RECTO VERSO DE LA CARTE CONTENANT LES REGLES DU JEU (LES DISQUES DU VERSO REPRESENTENT LES JOUEURS) 78
FIGURE 16 : VERSION STABILISEE DU JEU DE CARTES DE CONCEPTION DE RESSOURCES NUMERIQUES 79
FIGURE 17 : L'EQUIPE DE CONCEPTION SE METTANT D'ACCORD SUR LA DISCIPLINE SUR LAQUELLE TRAVAILLER ... 80
FIGURE 18 : CARTE DE LA DISCIPLINE HISTOIRE 81
FIGURE 19 : JEU DE CARTES MIS A DISPOSITION DES CONCEPTEURS 82
FIGURE 20 : EQUIPE 1 DE LA SEANCE DE CONCEPTION 85
FIGURE 21 : EQUIPE 2 DE LA SEANCE DE CONCEPTION 85
FIGURE 22 : RECTO-VERSO DU JEU DE CARTES FOURNI AUX CONCEPTEURS 87
FIGURE 23 : INTERFACE DE MASQUAGE DU JEU MTAT 92
FIGURE 24 : INTERFACE DU JEU (PLATEAU DE JEU) 93
FIGURE 25 : INTERFACE DU JEU LORS DE LA PHASE DE DEMASQUAGE 93
FIGURE 26 : PRESENTATION DU JEU MTAT 94
FIGURE 27 : L'ENSEIGNANTE EN TRAIN DE FORMULER SON IDEE : 121
FIGURE 28 : RECTO - VERSO DE LA CARTE « CAPTURER DES DONNEES », DE LA PREMIERE VERSION DU JEU DE CARTES 122
FIGURE 29 : RECTO - VERSO DE LA CARTE « MEMORISER », DE LA PREMIERE VERSION DU JEU DE CARTE 123
FIGURE 30 : RECTO - VERSO DE LA CARTE « REPRESENTER », DE LA PREMIERE VERSION DU JEU DE CARTES 123
FIGURE 31 : RECTO - VERSO DE LA CARTE « TUTORIEL », DE LA PREMIERE VERSION DU JEU DE CARTES 124
FIGURE 32 : RECTO - VERSO DE LA CARTE « ECOUTER », DE LA PREMIERE VERSION DU JEU DE CARTES 124
FIGURE 33 : SCHEMA REALISE PAR L'EQUIPE 1 SUR UN TABLEAU 127
FIGURE 34 : SCHEMA DE L'IDEE GAGNANTE 128
FIGURE 35 : MODELE D'APPROPRIATION DE RESSOURCES NUMERIQUES 139

Table des tableaux

TABLEAU 1: COMPARATIF DES COMPOSANTS DES APPAREILS MOBILES 22
TABLEAU 2 : MULTIFONCTIONNALITES DES TABLETTES TACTILES 25
TABLEAU 3 : RAPPORTS ENTRE DEVOLUTION ET APPROPRIATION 36
TABLEAU 4: LES NIVEAUX D'APPROPRIATION LIES A LA DEVOLUTION DE LA SITUATION 37
TABLEAU 5 : LES POTENTIALITES DES FONCTIONNALITES TECHNIQUES DE LA TABLETTE POUR LA PRESCRIPTION DE TACHES D'APPRENTISSAGE 47
TABLEAU 6 : LES INDICATEURS DE LA DEVOLUTION DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE A TRAVERS LA RESSOURCE NUMERIQUE 59
TABLEAU 7 : LES INDICATEURS DE L'APPROPRIATION, SELON GONÇALVES (2013) 59
TABLEAU 8 : LES ETAPES DE DEVOLUTION 61
TABLEAU 9 : LES NIVEAUX D'APPROPRIATION 62
TABLEAU 10 : LES INFORMATIONS DES CARTES TYPE 1 DU NIVEAU « EXPLORER » 71
TABLEAU 11 : LES INFORMATIONS DES CARTES TYPE 1 DU NIVEAU « ELABORER DES STRATEGIES » 72
TABLEAU 12 : LES INFORMATIONS DES CARTES TYPE 1 DU NIVEAU D'APPROPRIATION « MAITRISER » 74
TABLEAU 13 : LES DOCUMENTS NUMERIQUES DISPONIBLES PAR LE JEU 91
TABLEAU 14 : LA STRUCTURE DU JEU (LES CARACTERISTIQUES DES PERSONNAGES) 96
TABLEAU 15 : ECHELLE DE VALEURS DU CRITERE « EFFICIENT » 106
TABLEAU 16 : ECHELLE POUR VISUALISER LES STRATEGIES LES PLUS ET LES MOINS EFFICIENTES, EN FONCTION DE QU'ELLES FAVORISENT OU NON L'ACCES AU SAVOIR ET LA REUSSITE DU JEU DANS LE MASQUAGE 107
TABLEAU 17 : ECHELLE POUR VISUALISER LES STRATEGIES LES PLUS ET LES MOINS EFFICIENTES, SELON SI ELLES FAVORISENT OU NON L'ACCES AU SAVOIR ET LA REUSSITE DU JEU DANS LE DEMASQUAGE 107
TABLEAU 18: RAPPORT DE LA RECUPERATION DE LA TRACE PAR TABLETTE 109
TABLEAU 19 : EXEMPLE DES TABLETTES QUI N'ONT GARDEE AUCUNE TRACE NUMERIQUE D'INTERACTION 110
TABLEAU 20 : RECAPITULATIF DES ACTIONS IDENTIFIABLES DANS LES OBSELS DE LA TRACE 112
TABLEAU 21 : EXPLOITATION DE LA DIMENSION MANIPULATION 115
TABLEAU 22: EXPLOITATION DE LA DIMENSION COMMUNICATION (CASES GRISEES) 115
TABLEAU 23 : EXPLOITATION DE LA DIMENSION TRAITEMENTS DE DONNEES 116
TABLEAU 24 : MISE A PROFIT DES FONCTIONNALITES POUR PRESCRIRE DES TACHES 118
TABLEAU 25 : CATEGORISATION DES TACHES PERMISES PAR LES FONCTIONNALITES, SELON LES NIVEAUX D'APPROPRIATION 119
TABLEAU 26 : STRATEGIES MISES EN PLACE PAR LA CLASSE 131
TABLEAU 27 : L'UTILISATION DES DOCUMENTS PAR LA CLASSE 132
TABLEAU 28 : LES RESULTATS DE L'ANALYSE AUTOMATIQUE 133

Introduction

Les bouleversements sociétaux provoqués par les développements technologiques s'effectuent à une vitesse que les innovations pédagogiques ne semblent pas en mesure d'atteindre. Les attentes de nouvelles générations de citoyens, nés dans cette nouvelle ère technologique, dépassent l'expérience éducative offerte par les institutions en charge de l'enseignement. Les développeurs de technologies comprennent bien cette réalité, et essayent de mettre à profit les opportunités des marchés que représentent les politiques publiques de dotation technologique, avec lesquelles les Etats tentent de moderniser leurs systèmes éducatifs considérés alors comme obsolètes. La diffusion des innovations est ainsi le moteur d'une pression institutionnelle pour l'adoption pédagogique des nouvelles technologies. Ce travail de thèse a été conduit lors de la diffusion de l'innovation des interfaces tactiles. La diversité de ces produits paraît la nouvelle panacée pour renouveler le modèle éducatif : le tableau blanc et la table interactive, l'ordinateur portable, ordiphone et la tablette représentent les pièces d'un nouvel environnement d'apprentissage. Il est attendu que, dans ce nouvel environnement, les futures générations se sentiront plus motivées à apprendre car il s'avèrera plus proche de l'expérience technologique de la vie extrascolaire. Les enseignants sont également sollicités pour mettre à profit toute cette nouveauté afin d'enrichir l'expérience d'apprentissage de leurs élèves et étudiants.

Néanmoins, la réalité semble plus complexe, étant donné le manque d'applications adaptées aux appareils, aux besoins des programmes, des disciplines, des niveaux et des objectifs des situations d'apprentissage. Tel que nous l'avons constaté à partir des opinions des enseignants consultés lors de notre étude. C'est ainsi que le projet Tactiléo e-éducation investissement d'avenir, dans lequel s'inscrit cette thèse, entreprend le développement d'applications et ressources numériques adaptées. La demande initiale du projet Tactiléo concernant la commande de cette thèse, consiste à élaborer une méthodologie pour l'analyse de l'usage de ces ressources numériques, ainsi qu'un modèle pour conduire cette analyse à une grande échelle, à partir de la *trace numérique d'interaction* des élèves avec les ressources. Partant de cette demande, nous avons par ailleurs noté que les stratégies de marché des produits technologiques influencent une vision d'adoption pédagogique des TIC basée sur les caractéristiques intrinsèques des outils technologiques. Au lieu de considérer le sens que leur usage prenait dans le système d'apprentissage dans lequel ils sont inscrits.
Par exemple, le lancement au marché de l'Ipad par Apple a eu lieu dans une université des Etats-Unis en 2011. Le présentateur du produit a demandé au public de réfléchir autour de "*how the iPad might be used in the education*" (Murphy & Williams, 2011). Pour problématiser notre recherche, nous avons décidé de nous éloigner de cette logique induite par les développeurs de technologies, en cherchant une approche dont l'usage de ressources numériques (applications et documents numériques) à travers des interfaces tactiles, prend du sens selon son intégration au système didactique. Ce système met en relation l'élève, le savoir et l'enseignant. Nous avons ensuite décidé d'introduire la technologie dans ce système (plus précisément la tablette). Pour étudier l'influence de cette introduction dans la relation entre les éléments du système, et définir ce que nous intitulons dans cette thèse une « situation d'apprentissage instrumentée ». Celle-ci provient d'une synergie entre les concepts de « situation d'apprentissage »[2] de la *Théorie des Situations Didactiques* –TSD- (Brousseau, 1995), et d'« instrument »[3] de la *Théorie de l'Activité Instrumentée* –TAI- (Rabardel, 1998).

[2] « Le terme situation désigne l'ensemble des circonstances dans lesquelles se trouve le sujet (élèves, professeurs...), les relations qui unissent un milieu, l'ensemble des données qui caractérisent une action ou une évolution ». Brousseau (2010). Glossaire didactique. http://www.formations.philippeclauzard.com/Glossaire-didactique.pdf (15/06/2016)

[3] « …l'artefact en situation, inscrit dans un usage, dans un rapport instrumental à l'action du sujet, en tant que moyen de celle-ci » Rabardel (1995 : 49)

Le concept d'appropriation utilisé dans cette thèse s'inspire d'une nouvelle articulation conceptuelle des deux approches théoriques mobilisées. Selon la TSD, l'appropriation est représentée par l'adaptation de l'élève à un milieu didactique[4] que l'enseignant organise pour qu'il apprenne. Ce milieu didactique est composé de la tâche, des ressources disponibles, et des stratégies possibles (des possibilités d'action) pour la réaliser. Selon la TAI, l'appropriation est la construction d'un instrument matériel ou symbolique à partir d'un artefact mis à disposition pour réaliser une tâche prescrite. Ainsi, l'appropriation représente dans cette thèse, l'adaptation de l'élève au milieu didactique, dans lequel il construit un instrument d'apprentissage à partir d'une ressource numérique (Brousseau, 1989) prescrite pour réaliser une tâche, à partir de certaines stratégies possibles que le milieu didactique lui suggère.

Nous mettons en rapport également deux principes théoriques provenant des approches décrites, pour construire la problématique de cette thèse. 1) Nous appuyant sur la TAI, nous partons de l'hypothèse de que la conception d'une ressource numérique se poursuit dans son usage, parce que quand l'élève utilise la ressource numérique pour réaliser une tâche, il la transforme, élaborant des schèmes d'utilisation[5] qui peuvent être différents de ceux prévus par le concepteur de la ressource. 2) Partant de la TSD, nous supposons que dans le contexte de l'apprentissage par adaptation, la conception d'une ressource numérique vise son appropriation par les élèves, parce qu'à travers un processus de dévolution[6], l'enseignant transfère aux élèves la responsabilité de leur apprentissage. Ce transfert se réalise lorsque l'enseignant organise un milieu didactique pour que les élèves apprennent par adaptation, milieu dont la ressource numérique fait partie. Ces deux principes nous ont permis de comprendre que l'appropriation d'une ressource numérique avait une dimension « conception » et une dimension « usage ». Cette thèse est structurée à partir de ces deux dimensions.

Nous organisons cette thèse en quatre chapitres. Le premier chapitre intitulé « De la commande à l'approche » décrit d'une part le contexte dans lequel s'inscrit la commande de cette thèse, ainsi que la commande elle-même. D'autre part, il décrit les décisions conceptuelles prises pour répondre à ces demandes. Plus explicitement, nous abordons ici l'adoption pédagogique de la tablette et les contraintes implicites. Nous nous positionnons à partir des résultats obtenus d'un mémoire de master finalisé en 2012, portant sur l'adoption pédagogique de l'ordinateur portable. Nous constatons que l'adoption des appareils informatiques par les politiques publiques de dotation des établissements se centre plus dans les fonctionnalités techniques des appareils, que dans le système dans lequel ils sont inscrits. Nous définissons la tablette en tant qu'appareil informatique composé d'une série de fonctionnalités à mettre à profit en tant que potentialités pédagogiques. Nous proposons une approche davantage centrée sur l'innovation pédagogique, nous permettant de nous éloigner d'une logique d'adoption technologique trop influencée par les stratégies de marketing dédiées à la commercialisation des nouveaux appareils technologiques.

Le chapitre deux intitulé « L'appropriation de ressources numériques » introduit le cadre théorique de la thèse. Nous précisons les concepts « appropriation » et « ressources numérique ». Nous modélisons les *situations d'apprentissage instrumentées* quand la tablette est introduite dans le système didactique, pour étudier les effets de cette introduction dans l'interaction entre l'élève, l'enseignant et le savoir. Dans ce chapitre,

[4] « En situation scolaire l'enseignant organise et constitue un milieu, par exemple un problème, qui révèle plus ou moins clairement son intention d'enseigner un certain savoir à l'élève mais qui dissimule suffisamment ce savoir et la réponse attendue pour que l'élève ne puisse les obtenir que par une adaptation personnelle au problème » (Brousseau, 1989 : 325)

[5] « …des éléments relativement stables et structurés dans l'activité et les actions de l'utilisateur » (Rabardel (1985 : 74)

[6] « La dévolution consiste, non seulement à présenter à l'élève le jeu auquel le maître veut qu'il s'adonne, mais aussi de faire en sorte aux élèves sont responsables, au sens de la connaissance et non pas de la culpabilité, du résultat qu'il doit produire ». Brousseau (2010) « Glossaire didactique »
http://www.formations.philippeclauzard.com/Glossaire-didactique.pdf

nous développons également la problématique, en établissant l'objectif de la thèse, trois questions de recherche liées à la conception, l'usage et l'appropriation de ressources numériques, les hypothèses avec lesquelles nous les abordons, et les objectifs spécifiques.

Le chapitre trois est consacré à l'explicitation d'un ensemble de méthodologies que nous avons articulées dans le but de répondre à nos questions de recherche. Nous nous positionnons dans cette recherche du point de vue de l'observateur de l'activité de conception des enseignants, et de l'activité d'apprentissage des élèves. Nous avons également le regard d'un chercheur qui participe à la conception collaborative de ressources numériques dans une perspective méta-didactique (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015), en nous questionnant non seulement sur ce qui se produit quant aux activités des acteurs, mais également en questionnant les procédures et les outils qui instrumentent et médiatisent les activités des praticiens et des chercheurs. A partir de plusieures études, nous abordons les questions concernant les deux dimensions de l'appropriation qui articulent notre travail : « conception » et « usage ». Les démarches méthodologiques visant à répondre à la question de la dimension « conception » de l'appropriation (comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à sa réingénierie ?) sont les suivantes :

- une étude portant sur la mise à profit des potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques de la tablette par les équipes de conception du projet Tactiléo, pour identifier les tâches possibles à prescrire avec la tablette ;
- une expérimentation de l'usage d'un jeu de cartes dédié à la conception de ressources numériques, que nous avons créé au sein de cette thèse, pour modéliser les schèmes d'utilisation[7] (Vergnaud, 2001) des élèves qui peuvent être anticipés à partir d'un répertoire des tâches possibles à prescrire avec la tablette, identifiées dans l'étude précédente ;
- une analyse *a priori* d'un jeu sur l'alimentation, qui nous a servi de terrain pour le développement d'une méthodologie pour l'évaluation de l'appropriation de ressources numériques. Cette analyse *a priori* sert à identifier la structure d'une tâche prescrite (activités, actions et stratégies possibles). Ces éléments sont les aspects prescriptifs de la ressource numérique, qui structurent la tâche, le milieu didactique et l'activité d'apprentissage des élèves. En conséquence, ils complémentent les indicateurs que nous avons identifiés pour évaluer l'appropriation d'une ressource numérique par les élèves ;
- l'identification des tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, les schèmes d'utilisation pour les réaliser et les activités, actions et stratégies qu'une ressource numérique permet d'élaborer. Cela nous a permis d'établir les aspects du milieu didactique qui sont susceptibles d'être modifiés lors de la réingénierie d'une ressource numérique, à savoir, les variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée*.

La démarche méthodologique visant à répondre à la question de la dimension « usage » de l'appropriation d'une ressource numérique (Comment l'appropriation d'une ressource numérique peut être évaluée dans son usage ?) a consisté dans le recueil et l'analyse des *traces numériques d'interaction* de l'activité d'apprentissage d'une classe, pour identifier les indicateurs des niveaux d'appropriation : explorer, élaborer des stratégies et maîtriser, que nous définissons dans le chapitre 2.

L'identification des indicateurs dans l'activité d'apprentissage des élèves nous a permis de comprendre comment ils s'approprient une ressource numérique, ou en d'autres termes, comment les élèves répondent

[7] « Les schèmes liés à l'utilisation d'un artefact (que nous appelons schèmes d'utilisation) Concernent deux dimensions de l'activité : les activités relatives aux tâches "secondes", c'est-à-dire celles relatives à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact. Et les activités premières, orientées vers l'objet de l'activité, pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation (Rabardel, 1995 : 91)

à la dévolution des *situations d'apprentissage instrumentées* par des ressources numériques, lorsque les enseignants tentent de leur transférer la responsabilité de l'apprentissage, en leur organisant un milieu didactique permettant de mettre en place l'apprentissage par adaptation. Ces travaux nous ont permis également de répondre à la question fondamentale de cette thèse, portant sur l'élaboration d'un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation de ces ressources par les élèves : comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse des usages de ressources numériques basé sur l'appropriation ? Cela permet de prendre en compte la *genèse instrumentale* d'une ressource numérique, au sein du processus de la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée* où la tablette sert de support d'interaction entre l'élève et la ressource numérique.

Le chapitre quatre présente les résultats de recherche et s'intitule « De la dévolution d'une situation d'apprentissage instrumentée à l'appropriation d'une ressource numérique ». Dans ce chapitre nous montrons, à partir des résultats obtenus, comment il est possible de réaliser la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée* par la tablette (dimension conception) en mettant à profit les fonctionnalités techniques de la tablette pour prescrire 18 types de tâches, en anticipant les schèmes d'utilisation permettant de les réaliser, et en déconstruisant la structure d'une tâche prescrite en activités, actions et stratégies possibles. Nous notons également à partir de résultats, comment les élèves s'approprient une ressource numérique (dimension usage) via la réalisation d'une tâche prescrite.

Etant donné la variété des études menées et la diversité des méthodologies mises en place, nous avons discuté tous les résultats obtenus dans un même chapitre, pour décrire comment une classe s'était approprié le jeu MTAT et comment ces résultats pouvaient guider les concepteurs de la ressource numérique vers sa réingénierie. En conclusion, nous revenons aux principes théoriques pour discuter nos résultats et confirmer nos hypothèses concernant la conception itérative des ressources numériques. Les perspectives de cette recherche visent l'explicitation des apports et les questions restent ouvertes à de nouvelles recherches.

1 De la commande à la problématique

« Les usages des TIC émergent d'un écosystème de structures culturelles et sociales, ils ne sont pas uniquement déterminés par leurs créateurs »

Carlos Scolari

Dans ce chapitre, nous abordons les aspects contextuels qui nous ont conduits à problématiser ce travail de thèse. Tout d'abord, nous décrivons les pressions institutionnelles en faveur de l'adoption pédagogique de la tablette, et les contraintes de cette adoption rencontrée par les enseignants. Nous décrivons également l'approche que nous envisageons pour répondre aux attentes contextuelles, tant du point de vue du projet Tactiléo (au sein duquel cette thèse s'inscrit) que du point de vue des chercheurs qui y participent. En effet l'introduction de la tablette à l'école a fait l'objet d'une pression institutionnelle liée à l'hypothèse suivante : la mise à profit de ses fonctionnalités techniques pour un usage pédagogique est favorable à l'enseignement – apprentissage.

Tandis que de nombreuses recherches mettent en évidence le manque d'applications dédiées comme un des principaux facteurs qui freinent l'adoption des tablettes dans un cadre pédagogique, elles montrent également les difficultés engendrées par leur utilisation. La complexité de cette problématique amène les enseignants concepteurs de ressources numériques et des *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette, à rechercher des solutions originales.

En ce sens, une approche collaborative mettant en interaction des acteurs, enseignants, didacticiens, informaticiens, graphistes, etc. nous paraît souhaitable pour permettre la conception de ressources numériques dédiées à l'enseignement-apprentissage instrumenté par la tablette. Dans ce contexte, le projet Tactiléo mobilise divers acteurs pour conduire un projet de recherche-développement en lien avec la production de ressources numériques dédiées à l'apprentissage instrumenté par les interfaces tactiles. Le projet Tactiléo accueille également cette thèse qui vise le développement d'un modèle de conception de ressources numériques instrumentées par la tablette.

1.1 Une pression institutionnelle pour l'intégration de la tablette, malgré un manque d'applications adaptées

Ici nous mettons en évidence les intérêts gouvernementaux de modernisation du système éducatif, à travers de l'introduction de la technologie tactile dans les pratiques pédagogiques. Nous montrons également les difficultés rencontrées pour concrétiser l'adoption pédagogique de la tablette, dans un contexte social pressé par un développement technologique, beaucoup plus dynamique que la capacité de réponse et d'adaptation des institutions, des recherches, et des pratiques éducatives. Nous traitons dans un premier temps l'apparition de la tablette dans le marché international. Ensuite, nous mettons en évidence l'enthousiasme généralisé du secteur éducatif pour introduire son usage dans les pratiques éducatives. Finalement, nous précisons les politiques concrètes du Ministère de l'Education Nationale Français pour promouvoir l'adoption pédagogique de la tablette, notamment en termes de dotation des établissements et de recherche en éducation. Dans ce contexte, nous décrivons le projet Tactiléo, projet e-éducation investissement d'avenir, promoteur et structure d'accueil de cette thèse.

1.1.1 De l'apparition de la tablette à son usage pédagogique

C'est en 1989 que naît la tablette, avec l'apparition de la GRiDPad de Samsung dans le marché, qui fonctionnait avec un stylo « *The first successful attempt at a self-contained tablet computer appeared in the form of the GRiDPad from GRiD Systems, conceived by Jeff Hawkins* » (Atkinson, 2008). On a pu ensuite constater le succès commercial des assistants personnels, jusqu'en 2010 quand Apple a lancé l'IPad sur le marché. Cette première version permettait la manipulation de l'écran tactile avec les doigts.

L'enthousiasme pour l'utilisation de la tablette comme outil d'enseignement – apprentissage, a émergé des stratégies performantes de marketing, mises en place par l'entreprise Apple pour diffuser cette technologie dans un marché éducatif, déjà sensibilisé par les politiques publiques de dotation de l'ordinateur portable de type 1:1 :
« *The authors' first exposure to the iPad was on April 22, 2010 at an Apple iPad information session at Armstrong Atlantic State University, Savannah, GA given by Mr. Andre Vlajk, Higher Education Account Manager GA and AL, Apple. The session included demos of the iPad along with an overview of iPad applications, Apple's productivity suite - iWork, readers, and relevant third-party apps. The session also included a discussion of how the iPad might be used in education. Initially the authors were looking at using the iPad/iPhone/iPod Touch as a platform for programming courses, but after this session and an additional information session at Armstrong on June 26, 2010 also given by Mr. Vlajk, the authors started investigating how the iPad could be used in the classroom* » (Murphy & Williams, 2011).

Dans un contexte éducatif mondial où les innovations technologiques et les pratiques quotidiennes qu'elles entraînent poussent l'école à se renouveler, les présentations de l'IPad par Apple ont été accompagnées de stratégies de vente aux établissements[8] [9]. Par exemple: « *Seton Hill University provided a 13" Macbook and iPad to all full time students entering in fall 2010 with the idea that students will all use ebooks rather than textbooks and use the devices to take notes, share files, and engage in interactive learning experiences. Several business and MBA programs have integrated iPads into courses or teach courses on how to utilize the technology* » (Murphy & Williams, 2011). Les ventes

[8] http://news.nd.edu/news/16512/

[9] https://artsedtech.wordpress.com/2010/07/08/can-i-teach-a-technology-course-using-only-my-ipad/

de l'IPad se sont répandues[10] dans le monde entier, ainsi que ses stratégies de marketing. La diversification commerciale de la tablette a été accompagnée de stratégies similaires. A partir de 2010, plusieurs pays ont entrepris des politiques publiques pour l'adoption pédagogique de la tablette, notamment les Etats-Unis. (Clarke, Svanaes, & Zimmermann, 2013). Ces politiques se sont répandues également vers les pays émergents, notamment la Jamaïque et la Turquie (Guven, 2014).

Quant aux organismes internationaux, ils promeuvent la performance d'une culture d'apprentissage mobile avec la tablette qui permettrait ainsi d'apprendre tout au long de la vie, en tout lieu et à tout moment. « Ces attentes portent l'idéal d'un sujet autonome » (Hamon & Villemonteix, 2015). Nous pouvons le constater par exemple dans le discours de l'Organisation pour la Coopération Economque et le Développement (OECD) :
« *Today we rely on information and communication technologies and devices that hadn't even been imagined just 30 years ago. The set of skills we need to participate fully in and benefit from our hyper-connected societies and increasingly knowledge-based economies has changed profoundly too ». « The evidence shows that using both cognitive (literacy, numeracy) and "soft" (communicating, influencing, negotiating) skills in the workplace and maintaining them over a lifetime is strongly related to greater skills proficiency – which, in turn, is related to economic and social well-being* »[11].

Dans ce contexte, la tablette représente un outil favorisant le *Mobile Learning* (Sharples, Taylor, & Vavoula, 2005), et le *Mobile Learning* semble devenir un des chemins envisagés pour réaliser un changement de paradigme dans l'éducation. Nous pouvons le voir par exemple dans le discours de l'UNESCO :
« *Mobile learning is a branch of ICT in education. Yet, because it employs technology that is more affordable and more easily self-procured and managed than tethered computers, it requires reconceptualising traditional models of technology use and implementation. Where computer and e-learning projects have historically been constrained by hardware that is expensive, fragile, heavy and kept in tightly controlled settings, mobile learning projects tend to assume that students have uninterrupted and largely unregulated access to technology. The ever-increasing availability of mobile technologies requires policy-makers to revisit and rethink the potentials of ICT in education* »[12].

L'introduction de la tablette à l'école est devenue ainsi l'objet d'une pression gouvernementale dans certains pays qui avaient déjà expérimenté les politiques de dotation des ordinateurs portables, souvent du type « one to one » (Norris & Soloway, 2002 ; 2004). De même, les difficultés pour son adoption ont été abordées au cours de plusieurs recherches (Haßler et al. 2015).

1.1.2 L'adoption de la tablette en France

Villemonteix & Khaneboubi (2012) documentent les premières pratiques pédagogiques avec la tablette dès 2010. Ils sont à l'origine d'initiatives de financements provenant de projets de dotation des établissements d'enseignement primaire et secondaires de différents budgets d'origine publique. « *L'académie de Grenoble pilote une expérimentation avec l'aide du Ministère de l'Education nationale (Académie de Grenoble, 2011) et attribué à la tablette le nom de « livre numérique ». Avec un financement du conseil général, le département des Hauts-de-Seine a choisi l'appellation « cartable iPad » au collège (CDDP 92, 2011) dont la presse s'est fait l'écho (Libération, 2010). A Bordeaux, il s'agit d'une mallette de lecture numérique », également destiné au collège. Le conseil général de Corrèze, aidé par l'Union Européenne, les villes d'Angers ou du Puy-en-Velay aidées par des sociétés privées ont directement déployé des quantités importantes d'appareils* ».

[10] https://www.theguardian.com/business/2010/may/31/ipad-apple-tablet-sales
[11] http://www.oecd.org/skills/
[12] http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641e.pdf

Le Ministère de l'Education nationale s'engage à partir de 2012, visant une mise à profit des fonctionnalités de la tablette à partir de stratégies de dotation progressive, allant de 15.000 tablettes en 2013 à 130.000 en 2015[13]. Cette dotation a été utilisée notamment lors de l'expérimentation sur les pratiques pédagogiques et l'étude de l'impact de l'utilisation régulière des tablettes en classe[14]. Le document de soumission du projet Tactiléo souligne certaines de ces initiatives documentées sur le site du Ministère. Nous les résumons ici pour mettre en évidence le contexte dans lequel cette recherche se développe :

- étude sur les usages réguliers des tablettes tactiles dans les apprentissages fondamentaux pour le premier degré. Menée par l'Université de Cergy-Pontoise ;
- projet de développement de situations d'apprentissage motivantes (maîtrise de la langue, investigation scientifique, différenciation pédagogique, accompagnement personnalisé). Mené par l'académie de Créteil ;
- projet en direction d'enfants hospitalisés pour des périodes d'assez longues durées, mené par l'académie de Paris sur les hôpitaux parisiens Necker, Trousseau et Debré ;
- expérimentation dans plusieurs niveaux (école, collège et lycée professionnel) d'un même matériel prêté par la société Acer, afin de tester une même configuration dans différents cadres d'utilisation ;
- projet en direction d'une dizaine de CLIS scolarisant des élèves ayant des troubles mentaux et cognitifs mené par l'académie de Créteil ; suivi des projets lancés dans le cadre du Fonds National pour la Société Numérique (FSN), financés par la Bpifrance et pour les Investissements d'Avenir e-éducation, dédiés aux usages pédagogiques, au développement de contenus et services associés, et aux questions de déploiement en grand nombre de solutions et de supports dans les établissements et les classes.

La plupart des projets lauréats proposent des contenus et des services multi-supports, quelques uns sont plus directement consacrés aux tablettes. Le projet Tactiléo[15] est un des projets lauréats en 2012, à côté d'Edumax, Galago, Intuiscript, Racine et Ted, pour un déploiement à grande échelle.

Nous notons que le rapport des retours des expérimentations d'Eduscol[16], fait référence à quelques potentialités pédagogiques de la tablette, en affirmant que plutôt que de se substituer à l'ordinateur, la tablette enrichit les stratégies pédagogiques mises en œuvre par les enseignants et les apprentissages de leurs élèves :

- « rapidité de mise en œuvre, autonomie, légèreté, simplicité d'utilisation, mobilité »
- « souplesse de la durée et du rythme des séances »
- « alternance entre travail individuel et travail collectif »
- « activités pédagogiques variées liées aux apports spécifiques de la tablette »

Tandis qu'elles mettent en évidence des contraintes :
« La disponibilité de ressources de qualité, la lisibilité d'une offre exponentielle d'applications, leur mode d'acquisition et de déploiement ».

[13] http://eduscol.education.fr/cid66564/faire-entrer-l-ecole-dans-l-ere-du-numerique.html

[14] http://eduscol.education.fr/cid71927/tablettes-tactiles-retours-d-experimentations-et-potentialites-pedagogiques.html

[15] http://projet.tactileo.net/

[16] http://eduscol.education.fr/cid71927/tablettes-tactiles-retours-d-experimentations-et-potentialites-pedagogiques.html

1.1.4 Le projet Tactiléo

Dans ce contexte, « le projet Tactiléo[17] lauréat de l'appel à projet e-Education lancé par le Ministère de l'Education Nationale dans le cadre des Investissements d'Avenir de l'année 2012, convoque des acteurs (enseignants, chercheurs, développeurs…), pour s'engager dans la recherche et le développement liés à la conception de ressources adaptées », ainsi qu'à la « mise en œuvre en classe d'outils pédagogiques mobilisant les interfaces tactiles »[18] (tables interactives, tablettes, tableaux et ordiphones). « Son objectif est de réunir les interfaces tactiles d'une classe au sein d'un écosystème numérique qui les synchronise de manière transparente ».
Le projet Tactiléo mobilise une équipe interinstitutionnelle et interdisciplinaire qui réunit des acteurs privés (Maskott, Schuch…) et publics (CEA, IUT du Puy-en-Velay, IFE, IGN…), représentés par un comité scientifique, un comité technique, un comité de pilotage et un comité des utilisateurs. Ce grand projet se compose de sous-projets, le sous-projet 1 concerne la gestion du projet ; le sous-projet 2 porte sur une « étude et conception itérative centrée sur les utilisateurs », et est piloté par l'équipe de recherche EducTice de l'Institut Français de l'Education. Le sous-projet 3 concerne le « software » et l'intégration de contenus ; le sous-projet 4 est relatif au « hardware » et le « software de bas niveau ; le sous-projet 5 traite du déploiement ; le sous-projet 6 concerne une étude du déploiement à une grande échelle ; le sous-projet 7 aborde la communication et la diffusion ; et le 8 la comparaison de technologies.

Tactiléo s'adresse à toutes les catégories d'élèves, de l'école primaire jusqu'à l'université. Il inclut, parallèlement au processus de conception de ressources numériques, trois recherches complémentaires : une thèse portant sur les aspects pédagogiques (IFE), une autre sur l'ergonomie du numérique pour l'enseignement (CEA), et une dernière portant sur l'apprentissage de la programmation dans un contexte de jeu et d'animation (IUT de Puy en Velay). Notre objectif est de constituer un cadre méthodologique visant à se focaliser sur la genèse et l'analyse des usages de la tablette et de la table interactive.
Notre thèse, portant sur les aspects pédagogiques, étudie la « conception itérative centrée sur l'utilisateur », comprise dans ce contexte sous le sens large des acteurs impliqués dans le système de l'enseignement-apprentissage, en incluant les enseignants, les élèves, les proviseurs et les parents d'élèves. Ces acteurs sont considérés comme des co-concepteurs de ressources, qui définissent les phases de conception et d'évaluation des usages. Ainsi la commande de cette thèse est la suivante : « *Un travail de recherche sur la pédagogie sera dirigé par EducTice-IFE., Il consistera au début du projet en la conduite de travaux selon l'approche Design-Based-Research sur un échantillon limité, ce travail évoluera, au cours du projet, vers une évaluation à grande échelle basée sur des approches plus quantitatives fondées sur le recueil et l'analyse de traces numériques des utilisateurs. Ce travail permettra d'identifier les éléments à prendre en compte pour définir un modèle de ressources numériques facilitant leur appropriation et leur mutualisation. L'évaluation du dispositif prendra en compte les critères d'utilité, utilisabilité et accessibilité* » [19]

Ce modèle de ressources est devenu, en lien avec les travaux théoriques et empiriques menés pendant notre recherche, « un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques visant leur appropriation par les élèves ». Car dans la commande de la thèse, la phrase « *définir un modèle de ressources numériques* » semblait imprécise. Le concept de « modèle » n'était pas défini, ni celui de « ressource numérique » non plus celui d'« appropriation ». L'approche *Design-Based-Research*, qui sert de contexte méthodologique pour la conception itérative de ressources pédagogiques, n'est pas devenue opérationnelle dans le contexte de cette thèse, car notre objectif n'était pas de concevoir des ressources numériques, mais « d'identifier les éléments

[17] Bringer (2012). *TACTILEO, sur le bout des doigts. Pour une pédagogie augmentée.* Appel à projets N°2. France, Services numériques innovants pour l'éducation.

[18] http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/tactileo/?searchterm=Projet%20Tactil%C3%A9o

[19] Bringer (2012 : 83). *TACTILEO, sur le bout des doigts. Pour une pédagogie augmentée.* Appel à projets N°2. France, Services numériques innovants pour l'éducation.

à prendre en compte pour définir un modèle de ressources numériques », ce qui nous a donné une position d'observateurs de la conception et de l'usage de ressources numériques. Une participation indirecte au processus de conception des ressources, qui, à partir des résultats des analyses menées, apporte des outils théoriques et méthodologiques favorisant la conception itérative.

En ce qui concerne l'analyse suggérée dans la commande de cette thèse, basée sur les critères d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité (Tricot et al. 2003), les méthodes respectives n'ont pas été précisées. Nous pouvons interpréter à partir de sa description dans le projet Tactiléo, que le dispositif y mentionné est l'ensemble des ressources numériques conçues, correspondants à plusieurs disciplines et niveaux scolaires, qui sont susceptibles d'être analysés du point de vue des usages. Ainsi, auprès de notre recherche, au lieu de réaliser « l'évaluation du dispositif » prenant en compte « les critères d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité » comme suggéré dans la commande, nous avons décidé de réaliser « l'évaluation de l'appropriation de ressources numériques » en prenant en compte les situations d'apprentissage où l'appropriation de la ressource a lieu, et les processus de *genèse instrumentale* qui s'y déroulent. Il est à noter que les critères d'utilité, utilisabilité et acceptabilité (Tricot et al., 2003) s'inscrivent dans les théories liées à l'adoption technologique (Voir chapitre 2), alors que nous nous intéressons à une logique de l'appropriation concernant la médiation instrumentale, où la technologie n'est pas perçue comme un élément externe à l'individu, mais comme un produit de son activité (voir chapitre 2).
Dans le projet Tactiléo, les travaux de terrain se font en associant étroitement les enseignants tant au processus de conception des ressources numériques, qu'à l'utilisation de ces ressources dans la classe et à l'évaluation des usages observés[20]. Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse visait l'articulation de l'analyse des usages pédagogiques avec la conception de ressources développées par le projet : « *les analyses qui seront menées doivent permettre de nourrir le processus de conception* ».
L'objectif était également d'élaborer une méthodologie de suivi des usages pour évaluer la pertinence du « *dispositif* » du point de vue didactique et pédagogique, en définissant un modèle de traces afin de pouvoir effectuer un suivi des usages du « dispositif » par les élèves et leurs enseignants.

Une des plus grandes difficultés pour comprendre et suivre cette commande, vient de l'imprécision du concept « dispositif ». Cette même imprécision était également présente dans l'expression « *pour évaluer sa pertinence du point de vue didactique et pédagogique* ». Nous avons ainsi traduit cette commande comme « l'élaboration d'une méthodologie d'analyse de l'usage de ressources numériques, pour nourrir la réingénierie des ressources numériques visant leur appropriation ». Dans ce contexte, la recherche que nous menons à l'IFE a pour objectif d'analyser l'usage des ressources numériques avec la tablette, d'un point de vue didactique et pédagogique, de façon à nourrir le travail de conception des ressources développées par le projet Tactiléo, à travers une approche itérative. Ainsi nous avons repéré deux démarches à mener : 1) définir un modèle d'analyse des usages de ressources numériques à partir du recueil automatique de *traces numériques d'interaction*. 2) elaborer une méthodologie d'analyse des usages des ressources numériques produits par le projet Tactiléo.
Cette thèse a démarré en septembre 2013 et a été réalisée lors des trois dernières années du projet Tactiléo, période durant laquelle nous avons dû nous confronter à plusieurs défis. Parmi eux, la construction d'une nouvelle perspective pour l'analyse des usages de ressources numériques. En rason de : la carence tout au début du projet, de ressources numériques suffisamment développées du point de vue pédagogique et technique pour pouvoir être analysables, raison pour laquelle nous avons choisi le jeu MTAT comme terrain de notre recherche, malgré sa véritable complexité. Ces difficultés ne nous ont pas permis de mettre à l'épreuve notre modèle d'analyse sur un corpus large, de façon à nourrir le travail de conception d'autres ressources numériques développées par le projet Tactiléo, à une grande échelle et selon une approche itérative.

[20] http://projet.tactileo.net/index.php/tactileo/presentation-projet

1.2 Le besoin d'une nouvelle approche

Cette thèse donne une continuité à notre travail de Master (Pérez, 2013), dont les résultats obtenus nous ont amenés à réviser la commande émanant du projet Tactiléo. Dans cette partie, nous mettons en évidence les décisions prises à partir de cette révision. D'abord, nous apportons un regard nouveau afin de nourrir les réflexions concernant les problématiques d'adoption de technologies dans les politiques publiques en éducation, en vue de produire des solutions innovantes aux problèmes rencontrés, favorisant ainsi une réflexion structurée sur les pratiques éducatives accompagnées d'une technologie en évolution permanente. Le modèle de conception et d'analyse de ressources numériques est au cœur de cette thèse. Nous justifions ici les critères qui nous ont permis de reconfigurer la façon d'aborder cette problématique, nous concentrant sur la dimension de l'enseignement-apprentissage modélisée par le système didactique, et reformulant les termes de la commande initiale, en fonction d'une approche focalisée sur les *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette.

1.2.1 La *situation d'apprentissage instrumentée*

Pour problématiser l'élaboration d'un modèle de conception et d'analyse de ressources numériques, nous partons des résultats obtenus d'un mémoire de master. Nous avons mis en œuvre une analyse critique des politiques publiques de dotation de technologies dans les écoles (Pérez, 2013) à partir des approches de la *sociologie de la traduction* (Akrich et al. 2006). Les résultats de ce mémoire portent principalement sur les conséquences de ne pas prendre en compte des acteurs de l'innovation dans la mise en œuvre des politiques publiques de dotation de technologies en éducation, pour assurer l'adoption des TIC. Nous comprenons que selon la sociologie de la traduction, l'innovation n'est pas précisément liée aux caractéristiques intrinsèques des objets mais plutôt qu'elle résulte des logiques sociales qui réalisent l'adoption. Ces logiques sociales sont considérées, selon cette théorie, comme des *traductions* : « *l'ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences grâce à quoi un acteur ou une force se permet ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force* » (Akrich et al. 2006).

Au sein de ce mémoire, dans l'analyse du programme espagnol des « Ecoles 2.0 », nous avons constaté que les politiques publiques de TICE se centrent souvent sur les caractéristiques intrinsèques des objets et non sur les acteurs, les forces et leurs relations impliquées dans l'adoption. Néanmoins, notre thèse se déroule dans un laboratoire dans lequel les lignes de recherche n'appartiennent pas à la sociologie des médias, mais à la didactique des sciences. Ainsi nous avons trouvé dans le contexte de la théorie des situations didactiques, qu'en effet les acteurs en jeu dans des situations d'apprentissage étaient déjà identifiés par Chevallard (1982) dans le concept de « système didactique *»*.

Ce système est représenté par un triangle qui met en relation l'enseignant, l'élève et le savoir. Dans ce système, nous avons intégré la tablette en tant qu'appareil informatique, pour étudier les effets que cette introduction provoque dans les relations entre ses éléments. Pour nommer la situation didactique au sein de laquelle a été introduit un appareil informatique comme support de l'activité d'apprentissage des élèves, nous utiliserons le terme de « situation d'apprentissage instrumentée ». Le système didactique d'une situation d'apprentissage instrumentée sera explicité dans la section 2.4 de cette thèse.

1.2.2 Les termes usage, ressource et analyse

Avant de répondre à la commande de cette thèse, nous discutons certains termes important à définir pour élaborer notre problématique de recherche, à savoir, « usage », « ressource » et « analyse ». Pour le terme « usage », nous partons d'une réflexion de Millerand (2008), pour nous positionner dans la complexité de l'emploi de ce terme. La notion d'« usage » connaît de nombreuses acceptions différentes, qui sous-tendent des conceptions tout aussi différentes de la « technique » et du « social ». « *Le terme usage est utilisé pour celui d'emploi, d'utilisation, de pratique, ou encore d'appropriation. Il est utilisé « à la fois pour « repérer, décrire, et analyser des comportements et des représentations relatives à un ensemble » « l'usage renvoie à l'utilisation d'un média ou d'une technologie, repérable et analysable à travers des pratiques et des représentations spécifiques* ». Dans le contexte de l'appropriation sociale (Akrich et al. 2006) « *L'usage devient « social » dès qu'il est possible d'en saisir - parce qu'il est stabilisé- les conditions sociales d'émergence et, en retour d'établir les modalités selon lesquelles il participe à la définition des identités sociales des sujets* ».

Nous éloignant véritablement de la notion d'usage stabilisé de la sociologie, nous nous centrons sur l'activité d'apprentissage de l'élève en interaction avec un milieu didactique où il dispose de ressources numériques pour réaliser des tâches. Ainsi, pour nous l'« usage » de la technologie a une relation fonctionnelle, qui se traduit dans l'utilisation d'un artefact permettant la réalisation d'une tâche. Nous nous intéressons ainsi à l'*appropriation instrumentale* (Rabardel, 1995).

Le terme « ressource » est utilisé dans le projet Tactiléo dans les expressions « ressource numérique » et « ressource multimédia » comme synonymes. Néanmoins, nous considérons le terme « ressource multimédia » comme conduisant à tirer profit des technologies audiovisuelles, ce qui nous laisse penser que la ressource a les caractéristiques des technologies éducatives utilisées lors des années 60 : « *télévision éducative, film, laboratoire de langue, instruction programmée* » (Baron & Dané, 2007). Alors qu'après les années 1990, avec l'émergence du Web et de la convergence de médias (Jenkins, 2007), le concept de « ressource pour l'éducation » a été l'objet de différentes reformulations. On distingue celle de (Bibeau, 2005) « *l'ensemble des services en ligne, des logiciels de gestion, d'édition et de communication (portails, logiciels outils, plates-formes de formation, moteurs de recherche, applications éducatives, portfolios) utiles à l'enseignant ou à l'apprenant dans le cadre d'une activité d'enseignement ou d'apprentissage utilisant les TIC, activité ou projet pouvant être présenté dans le cadre d'un scénario pédagogique* ». La ressource numérique, outre sa définition de « document ou contenu », contient également la notion de « processus », « *conférant au système la capacité à réagir aux initiatives* » des utilisateurs (Baron et Dané, 2007).

C'est ainsi que nous adoptons plutôt le terme « ressource numérique », plus représentatif de la diversité des applications et des documents numériques qui peuvent être mis à disposition des élèves pour réaliser des tâches d'apprentissage. La distinction entre ressource numérique des élèves et celle des enseignants (Gueudet & Trouche, 2010) est argumentée dans la section 2.3.

Finalement, dépourvue d'une approche théorique, la présence du mot « analyse » dans la commande de cette thèse deviendrait trop ouverte sur les différentes possibilités d'interprétation. Nous nous sommes intéressés à l'activité d'apprentissage de l'élève. Néanmoins, nous souhaitons aller au-delà de cette « analyse » pour nous intéresser à l'évaluation de l'appropriation de la ressource numérique par l'élève. Dans le chapitre 2, nous explicitons le terme « appropriation » dans les différents contextes où il peut être utilisé, ainsi que les sens que ce terme prend dans le cadre théorique de cette thèse.

1.2.3 La reconfiguration des interactions

La plupart des recherches en lien avec l'usage pédagogique de la tablette conduisent à estimer les impacts directs que cet appareil provoque sur les apprentissages, mais nous considérons que cette approche n'est pas appropriée parce qu'elle peut s'avérer réductrice. Tout d'abord, car la tablette n'a pas été conçue pour instrumenter l'apprentissage. Par ailleurs, ce n'est pas sa présence dans la classe qui garantit son adoption pédagogique, mais le sens que prend son usage dans un contexte donné. Ainsi, nous avons essayé de nous approcher à cette problématique en cherchant le sens de l'introduction de la tablette dans le contexte scolaire, sur la base des interactions entre les acteurs humains (enseignants, élèves, chercheurs, développeurs...) et des forces ou des éléments tels que l'appareil informatique introduit (la tablette), la ressource numérique et le scénario. Dans la conception et la mise en place des situations d'apprentissages instrumentées. Pour comprendre le fonctionnement du système où la technologie est introduite, sa place comme outil d'enseignement-apprentissage, et la reconfiguration des interactions que son introduction provoque dans le système didactique, nous considérons les aspects suivants :

- les fonctionnalités de la tablette et ses potentialités pédagogiques ;
- les concepteurs et les utilisateurs de ressources numériques *;*
- la ressource de l'élève et celle de l'enseignant.

1.2.3.1 La prise en considération des fonctionnalités techniques de la tablette dans la conception de ressources numériques dédiées

Bien que les situations d'apprentissage puissent être instrumentées par n'importe quel appareil informatique, nous nous focalisons sur l'introduction de la tablette dans le système didactique. Cette introduction dépasse la seule considération de la dimension tactile de la tablette, visant une mise à profit de toute la richesse multifonctionnelle de cet appareil, pour la conception de ressources numériques. L'analyse de l'usage des fonctionnalités tactiles de la tablette, qui sont actuellement l'objet d'un très fort intérêt pour découvrir leurs potentialités et favoriser la cognition, est traitée dans ce travail selon la dimension « conception » de l'appropriation de ressources numériques, dans ce que nous avons intitulé les « fonctionnalités de manipulation et interaction » (Voir le point 1.2.3.1.1 ci-dessous).

Les potentialités pédagogiques de la tablette sont mises en évidence par les applications, qui servent d'interface entre l'appareil et l'utilisateur. Ce qui nous intéresse, sont les fonctionnalités que ces applications tirent de la tablette, ainsi que la conception de ressources numériques basée sur leur mise à profit. Cela afin de répondre aux contraintes que rencontrent les enseignants utilisateurs des ressources numériques, quand ils essayent d'utiliser la tablette comme un outil d'enseignement – apprentissage, tel qu'il est référencé par le Ministère « *Qualité technique et pédagogique des applications, offre, disponibilité et adaptation de ces applications aux disciplines, aux niveaux éducatifs et aux situations d'apprentissage* »[21].

Les ressources numériques peuvent normalement être utilisées à travers une variété d'appareils informatiques. Lors de la rédaction de cette thèse, les appareils les plus diffusés sont les interfaces tactiles (Tableau numérique interactif, table interactive, tablette, ordiphone...) notamment la tablette grâce à sa taille et son poids, à son utilisation individuelle ou collective et à l'ensemble d'outils qu'elle offre. Cette dernière est perçue comme un outil scolaire attractif. Néanmoins, dans la revue de litérature que nous présentons à

[21] http://eduscol.education.fr/cid71927/tablettes-tactiles-retours-d-experimentations-et-potentialites-pedagogiques.html

la fin de cette section, nous constatons un ensemble de contraintes lorsque la tablette est objet d'intégration dans les pratiques pédagogiques et didactiques. Ces contraintes sont notamment dues à la carence ou les difficultés d'accès à des applications dédiées disponibles. Nous avons fait le choix d'analyser des ressources numériques dans le contexte du projet Tactiléo, qui ont été conçues pour être utilisées avec la tablette. Nous souhaitons modéliser le rapport entre ressource numérique et appareil informatique (tablette), visant sa prise en compte dans les processus de conception. Nous nous appuyons tout d'abord sur la littérature pour définir la tablette du point de vue de ses fonctionnalités techniques et de ses potentialités pour prescrire des tâches instrumentées. Une fonctionnalité est l'ensemble des caractéristiques d'un objet, utiles pour satisfaire les besoins pratiques implicites ou explicites d'un utilisateur.

Nous définissons ici ses fonctionnalités en faisant référence à la littérature concernant des travaux d'ergonomie et d'autres travaux non centrés sur les tablettes mais éclairant leurs usages. Nous faisons également référence à la littérature liée à l'usage en contexte éducatif (Villemonteix & Khaneboubi, 2012 ; Jolly & Gentaz, 2013 ; Karsenti & Fievez, 2013 ; Hamon & Villemonteix, 2015). L'objectif de cette partie est de pouvoir spécifier ce qu'est une tablette, et à quoi elle peut servir dans le contexte de la conception de situations d'apprentissage instrumentées et de ressources numériques.

1.2.3.1.1 Les fonctionnalités techniques de la tablette

Une revue de littérature menée tout au début de ce travail de recherche (Pérez, Jolivet, Monod-Ansaldi, & Sanchez, 2015) nous a conduits à caractériser une tablette comme un objet informatique en évolution, qui partage des fonctionnalités avec les ordinateurs portables (première et deuxième ligne du tableau 1) et les ordiphones (première et troisième ligne du tableau 1). Nous avons également noté les différences entre ces trois appareils informatiques, nous amenant à retenir qu'une tablette se caractérise surtout par la combinaison de fonctionnalités, par la taille de sa surface d'interaction qui peut être plus confortable qu'un ordiphone et plus réduite qu'un ordinateur portable ; son encombrement car elle est plate, légère, et a assez d'espace de stockage ; et par son accès immédiat à ses fonctionnalités, parce qu'il n'est pas nécessaire de l'éteindre. Dans le tableau 2 (page 25), nous explicitons ses fonctionnalités, catégorisées selon trois dimensions : manipulation, communication, et capture et traitement des données. L'usage des termes dépend des points de vue adoptés dans la littérature consultée.
Par exemple, la mobilité peut renvoyer à la mobilité de l'appareil (manipulable, auto-orientable, transportable) ou à la mobilité de l'utilisateur muni de l'appareil (nomade, ubiquiste, géolocalisable…). Une tablette est multifonctionnelle du fait de la multimodalité, de l'aspect multi-tactile, de l'expérience multi-usage et de ses capacités de traitement de données multimédia. Enfin, une tablette est caractérisée par sa multi-compatibilité parce qu'elle peut reconnaître des objets tangibles et des stylets, qu'elle est interopérable avec d'autres appareils comme les téléphones, les ordinateurs et les tableaux blancs interactifs, qu'elle permet une expérience multi-réseau et qu'elle peut être connectée à des capteurs externes. (Tableau 2, page 25).

Tableau 1: comparatif des composants des appareils mobiles

<table>
<tr><th>Ordinateur portable</th><th>Tablette tactile</th><th>Ordiphone</th></tr>
<tr><td colspan="3">Carte mère, processeur, mémoire, espace de stockage de données</td></tr>
<tr><td colspan="2">Taille de l'écran suffisante pour permettre une lecture confortable de documents (même en 8 pouces)</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Port USB réduit ou modifié sur la forme d'une prise multi-usages ; absence de port réseau ; sorties vidéo standards (VGA, DVI et HDMI) abandonnées : certains modèles utilisent un adaptateur PAL ou micro HDMI.</td></tr>
</table>

La tablette, un média facilitant manipulation et interaction

- **Un écran tactile dont l'affichage est auto-orientable**

Une tablette est un objet facilement manipulable grâce à deux propriétés de son écran : tactile (qui permet à l'utilisateur la manipulation d'objets graphiques, directe avec les doigts et indirecte avec un stylet), auto-orientable (qui peut être disposée verticalement ou couchée sur un support). Elle constitue un périphérique d'interaction directe (Shneiderman, 1983) grâce à son écran constitué d'une dalle tactile, qui peut répondre à des impulsions simultanées de plusieurs points (multi-tactile ou tactile multipoint) ou interagir avec des objets tangibles (dalles capacitives) (Mertz & Vinot, 1998 ; Boujol, 2014).

- **Un média permettant des interactions multimodales**

Du point de vue de l'interaction homme-machine, une tablette mobilise la vue, le toucher et l'audition et permet l'utilisation de différents types de médias : texte, image et son. Elle peut être désignée comme un système informatique dont l'interface est multimodale. Nigay & Coutaz (2000) définissent un média comme un dispositif servant de support à l'information. En fonction des niveaux d'abstraction avec lesquels les auteurs utilisent le terme média, trois perspectives se dégagent : quand le terme est utilisé avec une fonction purement matérielle, un média peut être décrit comme un capteur ou l'effecteur d'un système informatique (des dispositifs d'entrée/sortie, par exemple un écran ou une souris). Quand la finalité est purement technique, le média est présenté comme un dispositif physique ou un logiciel utilisable pour véhiculer de l'information (Blattner & Dannenberg, 1990). Quand la finalité est technico-humaine, le terme média peut être compris comme le couplage d'un dispositif physique à des capacités sensorielles humaines (Bernsen, 1994) ou comme un système représentationnel (Alty, 1991 ; Arens et al. 1993).

La modalité est définie comme une technique d'interaction par Nigay & Coutaz (2000). Du point de vue de l'utilisateur, la modalité est considérée comme un système de représentation de l'information (un graphe, un texte, etc.) (Bernsen, 1994). Du point de vue du système, la modalité peut être définie comme un processus informatique d'analyse ou de synthèse sur des ensembles de données d'entrée et de sortie (utilisation et production de contenus) (Martin & Grumbach, 1995 ; Bourguet, 1992 ; Nigay, 1994). A l'interface entre système et utilisateur, la modalité réfère aux capacités sensorielles mais aussi aux dispositifs physiques ou logiques impliqués dans l'interaction (Duke et al. 1998). Nous privilégions une approche technico-humaine qui nous conduit à considérer une tablette comme un média permettant des interactions multimodales.

La tablette, un outil de communication et de géolocalisation

Comme l'ordiphone ou l'ordinateur portable, la tablette constitue un « outil communiquant électronique portable » (Fourcaud, 2011). L'aspect communicant est lié à la connexion Internet et au réseau cellulaire. Ces propriétés offrent à l'usager une expérience multi-usages (voix/données), multi-réseaux (fixe/mobile) et multi dispositifs (téléphone fixe/ mobile PC) (Fourcaud, 2011). L'expérience utilisateur est ainsi enrichie par la connectivité, la mobilité, le nomadisme, l'ubiquité, l'interopérabilité et la géolocalisation.

- **Un appareil mobile**

Du point de vue de l'aspect communicant, la tablette est un appareil mobile-nomade quand elle permet à ses utilisateurs de récupérer l'accès à un ensemble d'informations et de services offerts via Internet dans les points de départ et d'arrivée lors d'un déplacement : « Dans ce mode de mobilité, aucune connexion réseau n'est nécessaire durant le mouvement. Une nouvelle connexion sera rétablie après l'arrivée du nœud mobile à sa nouvelle position » (Chehbour et al.2005). La tablette peut être un appareil mobile-ubiquiste lorsqu'elle est connectée de manière continue aux réseaux sans fil : réseaux locaux et réseaux cellulaires. Nomadisme et ubiquité font de la tablette un outil offrant l'accès aux outils et services de communication ;

- **Un outil numérique interopérable**

Du point de vue de l'expérience client multi-appareil, l'interopérabilité permet à l'ensemble des outils numériques (ordinateurs, téléphones, notebooks, TNI, tablettes, etc.) de communiquer entre eux via la convergence des réseaux (Fourcaud, 2011). L'interopérabilité se définit comme la « capacité des fournisseurs d'accès à Internet de délivrer leurs contenus sur des outils différents » ;

- **Un terminal mobile géolocalisable**

Une tablette localisable au sein d'un réseau sans fil constitue un terminal mobile. Sa géolocalisation, grâce à un système de navigation par satellite (GNSS) détermine ses coordonnées dans un repère arbitraire (localisation relative) ou par rapport au centre de la Terre en coordonnées polaires (localisation géographique) (Lassabe, 2009). L'utilisateur peut alors communiquer sur sa localisation par l'intermédiaire de son terminal mobile.

La tablette, un système de collecte et de traitement automatisé de données

Une tablette peut s'insérer dans un système de traitement automatisé des données, à savoir, « tous les équipements (de nature matérielle, logicielle, ou « firmware ») permettant l'acquisition automatique, le stockage, la manipulation, le contrôle, l'affichage, la transmission, ou la réception de données[22] ». *L'acquisition inclut la capture (obtention de données de l'environnement), la collecte (obtention de données par les utilisateurs) et la traçabilité (obtention des données de l'activité des utilisateurs)*. La manipulation comprend l'édition et le calcul alors que l'affichage renvoie à la représentation (montrer les données dans un format, langage ou mode particulier).

- **Un ensemble de capteurs inertiels d'images et d'environnements**

Divers capteurs sont intégrés dans certaines tablettes. Les capteurs inertiels (accéléromètres, gyromètres, podomètres) et des capteurs d'images (caméras) permettent de repérer les mouvements des utilisateurs. Ces informations sont analysées par des applications dédiées permettant l'affichage numérique de grandeurs telles que la distance parcourue et la vitesse de déplacement. Des capteurs additionnels météo (Sensordrone,

[22] 9 http://www.e-juristes.org/les-atteintes-aux-systemes/

NetAtmo et capteurs de température et d'humidité), magnétomètre, sonde à dioxyde de carbone ou tensiomètre, peuvent également être utilisés avec des applications dédiées[23] et font d'une tablette un système numérique de collecte et de traitement automatisé de données ;

- **Une source d'information sur l'utilisateur**

Une tablette, comme tout système informatique, peut également enregistrer des paramètres de l'activité de son utilisateur. Ces traces numériques peuvent servir à l'utilisateur lui-même (trace réflexive) ou à un tiers. Elles peuvent être exploitées par les fournisseurs de services web, souvent avec des visées commerciales, ou par des chercheurs pour l'étude de l'interaction homme-machine. Elles permettent alors d'accéder à l'histoire interactionnelle pour comprendre la situation d'interaction, ou pour assister l'utilisateur dans sa tâche (Ollagnier-Beldame, 2006). Cette revue de littérature conduit ainsi à caractériser une tablette selon trois dimensions qui regroupent ses spécificités fonctionnelles : propriétés de manipulation, capacités de communication et potentialités de collecte et de traitement automatique de données.

Tableau 2 : multifonctionnalités des tablettes tactiles

Dimensions	Manipulation	Communication	Trait. des données
Multifonctionnalité	Interactions directes et multimodales	Expérience multi-réseaux	Capture, collecte, traçabilité, édition, calcul, visualisation
Mobilité	Léger, plat, facile encombrement (mobilité de l'appareil)	Nomadisme et géolocalisation (Mobilité de l'appareil et de l'utilisateur)	Capteurs inertiels intégrés (Mobilité de l'utilisateur)
Multi-compatibilité	Reconnaissance d'objets	Expérience multi dispositifs Interopérabilité	Capteurs additionnels

1.2.3.1.2 Les potentialités des fonctionnalités techniques de la tablette pour la prescription de tâches d'apprentissage

Ici, nous situons l'état de la question sur les potentialités des fonctionnalités techniques de la tablette pour instrumenter l'apprentissage, qui ont été mises à profit ou étudiées par d'autres recherches. Pour les décrire, nous utilisons le vocabulaire et la catégorisation des fonctionnalités que nous avons développées précédemment et qui sont représentées dans le tableau 2. Notre objectif n'est pas de les développer dans leur totalité, mais nous signalons en gris dans le tableau les croisements de celles sur lesquelles nous avons identifié des recherches qui les mettent en évidence (manipulation et multifonctionnalité, manipulation et mobilité, communication et mobilité, et communication et multi-compatibilité).

Les potentialités de manipulation et multifonctionnalité

La dimension manipulation de la tablette (écran tactile, écran mobile et l'aspect multimodale) a fait l'objet de différents travaux de recherche quant à son apport d'un point de vue éducatif. Bétrancourt & Bozelle (2012) relèvent qu'en raison des propriétés tactiles de son écran, la tablette change le geste de manipulation des objets graphiques sur l'écran. Ce geste devient porteur du sens, ce qui induit une interaction beaucoup plus naturelle et directe, en particulier parce que l'œil suit et contrôle ce que fait la main, comme pour

[23] http://www.reseau-canope.fr/atelier-essonne/spip.php?article910

l'écriture, le dessin et d'autres activités de précision. En conséquence, la réintroduction du geste signifiant et de la coordination œil-main faciliterait la gestion de l'attention sur les éléments importants de la tâche, libérant ainsi des ressources pour l'apprentissage liées à l'attention, la mémorisation et la perception, par exemple pour des activités d'apprentissage de lecture et de calcul. Cela ouvre la réflexion sur les bénéfices des fonctionnalités tactiles de la tablette sur la cognition, mais pour les visées de cette thèse, cette approche nous semble réduire au tactile le champ fonctionnel de l'appareil qui s'avère plus vaste et plus riche.

Par exemple, pour Genevois & Hamon (2016), les tablettes sont utilisées pour faire des photos, des enregistrements et concevoir des documents multimédias. « *L'objectif serait ensuite de projeter directement sur l'écran grâce à un boitier sans avoir à télécharger les images ou de les insérer dans des documents élèves (SVT). En Français, les élèves « commencent à élaborer l'histoire et ensuite ils pourraient intégrer des fichiers vidéo, des images pour mettre en forme. Ils peuvent se filmer, se photographier, insérer des dessins »* ». « *Une enseignante d'Anglais aimerait que ses élèves puissent se filmer pour le projet « The best job in the world » afin de les mettre en situation réelle* ».

D'autres auteurs soulignent les bénéfices de l'utilisation de la tablette pour la lecture, notamment chez les lecteurs en difficulté :
Pour Bernard et al. (2013), bien que la lecture sur l'écran soit moins aisée que sur papier, cette contrainte peut être compensée par certains outils numériques. Benoit & Sagot (2008) montre que « *chez les lecteurs en difficultés, le retour vocal sur l'écrit ou l'usage d'un logiciel de synthèse vocale permet de se faire lire un texte, allège le coût cognitif de la tâche et aide à accéder au sens et à la réflexion* ». Les recherches de McClanahan et al. (2012) montrent que l'introduction d'une tablette auprès d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention, permet d'accroître leurs compétences en lecture. « *Les possibilités d'enregistrement et de réécoute de la production orale en situation de lecture permettent aux élèves de prendre conscience de leurs erreurs. L'outil permet également aux élèves d'insérer des signes à côté du texte afin d'indiquer une perte de compréhension ou la méconnaissance d'un mot de vocabulaire* ».

Hamon & Villemonteix (2015) évoquent la ludification du travail scolaire que la tablette permet, et la mise en valeur de ses fonctionnalités pour l'écriture multimodale, qui change la culture de l'écriture linéale. Leur travail relativise l'autonomisation des élèves en mettant en évidence le manque de consensus tant de la part des élèves que de celle des enseignants en ce qui concerne les pratiques : des limites et difficultés conceptuelles d'une part, et d'autre part, des mises en valeurs des aides et tutoriels qui, selon les élèves, aident à libérer l'enseignant de la gestion des contraintes. Concernant l'autonomisation, deux repérages nous semblent importants pour justifier notre recherche :

1. la prise d'autonomie face à des tâches instrumentales au lieu de l'autonomie de surface

« *Les enseignants estiment que la simplicité d'utilisation de la tablette facilite l'individualisation et l'autonomisation de leurs élèves, mais sans qu'ils fassent véritablement la distinction entre ce qui relève d'une autonomie de surface, (c'est-à-dire suivre une scénarisation programmée sur l'interface) et la prise d'autonomie face à des tâches instrumentales plus complexes, que ces dernières relèvent de contraintes didactiques ou non* ». Le principe qui est mis en évidence dans ce paragraphe est dans le cœur de notre thèse, dans le sens où, à notre avis, l'autonomie ne se décrète pas mais elle se conduit à travers des rétroactions dans le milieu didactique, ce qui s'articule avec ce que Guibert & Troger (2012) signalent dans le paragraphe qui suit.

2. l'organisation d'un environnement d'apprentissage adapté :

« *Faire travailler les élèves avec les tablettes, c'est aussi les amener à s'adapter à d'autres supports favorisant leur capacité d'adaptation à un environnement changeant. L'autonomisation des élèves demande alors l'organisation d'un environnement d'apprentissage adapté, la mise en place de « routines » pour les sécuriser, une souplesse dans les échanges pour leur permettre d'inventer d'autres usages que ceux prévus au départ* ». C'est justement cette dialectique entre le milieu d'apprentissage que les auteurs intitulent « environnement d'apprentissage adapté » proposée par la situation

d'apprentissage instrumentée par la tablette, et la réponse ou appropriation de la part des élèves, que les auteurs traduisent comme « inventer d'autres usages que ceux prévus de départ ». Nous essayons de résoudre cela en utilisant une méthodologie qui permette la réingénierie de la ressource numérique à partir de l'analyse de son appropriation par les élèves.

Les potentialités de manipulation, communication et mobilité

Pour Bétrancourt & Bozelle (2012), la mobilité est accrue par l'absence de fil, de périphériques externes supplémentaires, ainsi que par la taille et le poids de la tablette. Tout cela facilite la gestion de la classe et les niveaux d'équipement des élèves en « *one to one* » ou en atelier. Genevois & Hamon (2016) déclarent que les enseignant affirment que les tablettes favorisent la coopération « *quand on communique avec quelqu'un, on regarde les gens, ils ont vraiment l'impression de faire partie de la classe* ».

Henderson & Yelow (2012), estiment quant à eux que l'usage de la mobilité de la tablette à l'école est souvent limité au déplacement de l'artefact d'un poste de travail à l'autre, ou entre des salles de classe. Tandis que la dimension mobile de la tablette offre des possibilités d'usages riches en dehors de l'espace strictement scolaire : « *The size, portability and lack of peripherals allow it to be easily moved around the school and the classroom, although in this case the device wasn't used in a truly mobile fashion* ».[24]. Genevois & Hamon (2016) affirment que « *les enseignants disent regretter la faible mobilité des tablettes, utilisables seulement dans l'espace limité de la classe, en raison du Wi-fi installé sur les chariots roulants* ». Elles ne peuvent donc être utilisées aux alentours du collège (mare pédagogique, espace sportif) ni même à l'internat. « *Avec un wi-fi limité, c'est comme si on avait une rallonge de 12 mètres »* déplore un Principal. *« Les câbles de rechargement dans le rack seraient également trop courts, empêchant une manipulation aisée* ».

Villemonteix & Khaneboubi (2012) attribuent ce fait au « *manque d'adéquation des pratiques d'apprentissage chez les apprenants* », à l'usage des outils comme les podcasts, qui sont utilisés par les enfants dans des activités de loisirs, bien que de nombreuses contraintes (temporelles, contextuelles et techniques) fassent *obstacle à leur usage pédagogique.* Keengwe & Bhargava (2013) problématisent cet aspect de façon plus large, en introduisant l'élément socio-culturel. Ils assurent que la mondialisation de l'éducation entraine des défis technologiques et socio-culturels car une même technologie n'est pas adaptable à tous les contextes.

En conséquence, il faut prendre en compte les limites culturelles et l'environnement social avant de mettre en place des technologies mobiles pour l'enseignement - apprentissage « *Finally, the 21st century is the digital age where teaching and learning is not limited to traditional classrooms. Thus, there is need for innovative use of mobile technology to make education available to anyone, anywhere, anytime and at an affordable cost across the globe* ». Ces auteurs soulignent également que les usages pédagogiques du terminal mobile géolocalisable de la tablette sont freinés par des contraintes temporelles, contextuelles et techniques. D'autres problématisent cet aspect de façon plus large, en soulignant qu'il est nécessaire de prendre en compte les questions culturelles et sociales (Keengwe & Bhargava, 2013).

Peu de travaux de recherche en éducation se sont consacrés à l'étude de la dimension communication de la tablette. Néanmoins, nous pouvons mentionner une recherche liée à l'apprentissage instrumenté à travers des ressources numériques mobilisées par la tablette dans laquelle est abordée la combinaison des dimensions fonctionnelles, de la « communication » et de la « mobilité ». C'est le cas d'une recherche dédiée à l'usage de l'application TactiléoMap (Sanchez, et al., 2015).

[24] Considéré comme l'apprentissage dans un contexte de mobilité géographique et de déplacement, lié à la portabilité de l'information et à l'usage des nouvelles technologies, ainsi qu'à l'adaptation à un contexte socio-économique caractérisé par l'instabilité.

D'autre part Karsenti & Fievez (2013) évoquent les opportunités pédagogiques de l'accès à l'information et de la portabilité des outils, et soulignent le défi que représente la distraction qu'ils peuvent générer en lien avec les capacités de communication. Ainsi, l'accès à l'information et la portabilité des outils auraient des effets négatifs sur la réussite scolaire.

Villemonteix & Khaneboubi (2012), qui ont travaillé sur une expérimentation de tablettes dans l'académie de Créteil, montrent que des enseignants souhaitent exploiter l'interopérabilité des tablettes pour accéder aux ressources et logiciels courants. Les enseignants souhaitent diffuser des ressources dans les établissements scolaires à travers les environnements numériques de travail et les ordinateurs des salles informatiques "*pour assurer une continuité de l'activité individuelle ou par groupe vers une autre plus collective*". En termes d'interopérabilité, certaines recherches montrent des difficultés pour faire communiquer les tablettes entre elles dans la classe, rendant difficile la gestion du transfert des données avec l'ordinateur et les clés USB (Gabelle, 2012).

1.2.3.2 La prise en compte des concepteurs et des utilisateurs

Les enseignants sont sans aucun doute les acteurs naturellement convoqués à prendre en charge la conception de ressources numériques. Cependant, l'accompagnement d'autres professionnels qui réalisent les idées mises en discussion lors de la conception, peut aider à partager le défi que représente la conception de ressources numériques destinées à être utilisées par les élèves, en tirant parti des potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques de la tablette. Nous avons tendance à visualiser cette prise en charge à travers une approche collaborative transdisciplinaire (Nicolescu, 2002). Il s'agit de séances de conception auxquelles participent des professionnels de plusieurs disciplines (enseignants, informaticiens, graphistes...) et lors desquelles même la participation de l'utilisateur peut être permise. Parce que l'important est d'identifier de nouvelles idées et solutions qui dépassent les points de vue disciplinaires traditionnels, visant l'innovation.

Pour passer des tâches prescrites à l'usage effectif, il est nécessaire de considérer les besoins particuliers des acteurs : enseignants, didacticiens, informaticiens. Cela notamment en considérant les utilisateurs comme des acteurs qui contribuent à la conception (Rabardel, 1995). C'est ce raisonnement qui nous conduit à aborder le problème de l'usage pédagogique de la tablette à partir de l'appropriation, tout en respectant notre objectif, consistant à nourrir le travail de conception des ressources numériques développées par le projet Tactiléo. Il convient de savoir comment les élèves s'approprient la ressource numérique en conception, pour prendre en compte leurs schèmes d'utilisation lors du processus de réingénierie de la ressource.

1.2.3.3 La ressource de l'élève et celle de l'enseignant

La conception de ressources numériques mérite une analyse fine des contextes, ainsi que des approches théoriques et méthodologiques à utiliser, pour développer de nouveaux espaces et outils de travail, ouvrant ainsi des chemins à la recherche, au développement et à l'innovation. Notamment dans le champ des ressources numériques de l'élève, que nous considérons comme un concept encore trop peu théorisé et documenté. Ainsi, dans le vaste répertoire de possibilités pour aborder la problématique générale de la conception et l'usage de ressources numériques, notre défi commence par l'auto-positionnement. Nous avons décidé de nous concentrer sur la ressource de l'élève, en l'étudiant tant du point de vue de la conception que de l'usage. Nous sommes ainsi conduits à envisager que :

- l'enseignant joue le rôle de prescripteur et l'élève d'utilisateur ;
- la tablette est le support matériel de l'activité d'apprentissage de l'élève ;
- la situation d'apprentissage est l'objet de conception de l'enseignant et le contexte d'apprentissage de l'élève ;
- la ressource numérique est l'artefact[25] qui deviendra instrument[26] de l'élève pour réaliser la tâche prescrite, et objet de conception de l'enseignant.

Ce que l'on souhaite observer, c'est ce que l'élève dit et fait par rapport à ce qu'il doit faire. Nous observons également l'activité de conception de l'enseignant et la *genèse instrumentale* de l'élève, pour nourrir la réingénierie de la ressource numérique en conception.

[25] « …un produit de l'activité humaine, élaboré pour s'inscrire dans une activité finalisée » « La chose susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités » Rabardel (1995 : 49)

[26] « …l'artefact en situation, inscrit dans un usage, dans un rapport instrumental à l'action du sujet, en tant que moyen de celle-ci » Rabardel (1995 : 49)

2 L'appropriation de ressources numériques

Il reste, sans doute, que la pensée complexe est moins la clé du monde – ou une recette – qu'un défi à affronter

Edgar Morin

Dans ce chapitre nous explicitons les aspects conceptuels et théoriques qui nous ont permis de construire notre problématique. Notre recherche est fondée sur trois approches théoriques, s'articulant pour aborder l'objet d'étude explicité dans le chapitre précédent (L'appropriation par les élèves des ressources numériques dans des situations d'apprentissages instrumentées par la tablette) à savoir :

- la *Théorie des Situations Didactiques* (TSD) (Brousseau, 1998) ;
- la *Théorie de l'activité instrumentée* (TAI) (Rabardel, 1995) ;
- la *Théorie de l'Activité* (TA) (Leontiev, 1978 ; Vygotsky, 1978 ; Amigues, 2013).

Cette combinaison théorique n'est pas totalement originale. Dans les travaux de Kara, et al. (2015) par exemple, sont utilisées la *théorie de l'activité* et la *théorie de l'activité instrumentée*, et bien qu'ils ne citent pas directement Brousseau, ils parlent quand même de « situations d'apprentissage », et de « situation d'action ». Ils utilisent ces théories pour analyser une activité de créativité en FLE avec la tablette, dans le sens d'analyser comment le processus d'instrumentalisation est susceptible de développer des compétences en communication et multi-culturalité dans des situations d'action, lors des activités d'apprentissage des élèves avec une application tactile. Le lecteur néanmoins pourrait se questionner sur les raisons de nos choix théoriques. Nous partons d'une première réflexion concernant la place de la technologie dans le système de l'enseignement-apprentissage, et la façon dont son insertion dans ce système est habituellement abordée. Nous considérons que toute analyse de l'usage de la technologie dans l'éducation n'a pas de sens, si les situations d'apprentissage où cet usage s'inscrit ne sont pas prises en compte. C'est ainsi que la TSD devient centrale dans notre travail.

Nous avons également incorporé à notre cadre théorique la TA. Selon ces arguments, deux types d'activités deviennent susceptibles d'être prises en compte pour modéliser l'usage pédagogique de la technologie : l'activité de conception de ressources numériques et des situations d'apprentissages par les enseignants, et l'activité d'apprentissage des élèves. Nous prenons en compte les deux.
Nous mobilisons également la TAI, parce que dans des situations d'apprentissage instrumentées les élèves sont conduits à construire un *instrument* d'apprentissage avec la ressource numérique mise à disposition pour réaliser les tâches prescrites. Nous observons la manière dont les élèves construisent un instrument d'apprentissage à partir des usages de ressources numériques dont ils disposent pour réaliser les tâches qui leur ont été prescrites, lors des activités conduites dans le cadre de situations d'apprentissage instrumentées par la tablette.

Nous ne considérons pas l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité, même si leur utilisation a été suggérée dans la commande de cette thèse, parce que nous ne considérons pas la technologie comme un élément extérieur à l'individu, mais comme un produit de son activité. C'est pour cela que nous ne nous interrogeons pas sur l'impact de la technologie sur les apprentissages. Bien que la prise en compte de la question de l'appropriation, qui intègre l'idée d'acceptation, nous permette de déduire si les ressources numériques conçues vont ou non être acceptées selon si elles sont considérées comme utiles ou utilisables. Cette approche ne prend pas en compte par exemple, la complexité du système didactique où la technologie est utilisée.

En revanche, ce qui nous intéresse est de comprendre la réorganisation du système dans lequel les activités d'apprentissage des élèves se déroulent, lorsque cette activité est instrumentée par des ressources numériques. Nous cherchons à développer des outils théoriques et méthodologiques qui accompagnent les pratiques des concepteurs de ressources numériques et des chercheurs engagés. Nous évaluons la prise en compte de cette appropriation en situation, en observant l'activité de conception des enseignants et l'activité d'apprentissage des élèves. L'activité d'apprentissage des élèves avec les ressources numériques nous permet d'évaluer leur appropriation, pour la remettre en perspective dans leur réingénierie.

La TA, la TSD et la TAI s'articulent de cette manière dans notre cadre théorique : la TA nous a permis de structurer les tâches à réaliser par les élèves en activités, actions et paramètres. Cela en vue de les observer dans les différentes traces où elles ont été identifiées selon notre démarche méthodologique. Nous basant sur ce cadre, nous commençons par définir l'appropriation à partir de la TAI et la TSD.

Puis nous nous concentrons sur la définition de la notion de ressource numérique. Le terme ressource est fortement polysémique, c'est pourquoi, dans une première partie, nous proposons un bref tour d'horizon des sens qu'il peut prendre, avant de préciser celui que nous retenons. Ensuite, nous modélisons la situation d'apprentissage instrumentée, en analysant les relations entre les éléments du système didactique, quand on y introduit un appareil informatique. Finalement nous décrivons la problématique de notre recherche (les questions et les hypothèses de départ).

2. 1 L'appropriation, au sens large

Il y a deux acceptions du terme « appropriation » offertes par le dictionnaire Le Littré [27]: « fait de rendre propre, convenable à un usage, à une destination » et « adaptation, accommodation, naturalisation, acclimatement » (Serfaty-Garzon, 2003). « *L'appropriation est un processus dont les acquis, l'instabilité et les recherches de nouveaux équilibres correspondent à la dynamique de l'identité individuelle* ». Mais au-delà des définitions pures du terme, ce sont les acceptions liées à l'usage qui nous intéresse. Ces acceptions sont néanmoins assez vastes, grâce aux contextes et disciplines qui les utilisent, notamment la sociologie des usages et de l'innovation (Proulx, 2002 ; Millerand, 2003 ; Bernoux, 2002), l'informatique (DeSanctis & Poole, 1994 ; Orlikowski, 1992 ; Orlikowski, 2000 ; Carroll et al. 2003) ou encore l'ergonomie (Dix, 2008 ; Haué, 2004 ; Le Guilcher & Pierlot, 2011 ; Haradji, and all., 2011)[28].

Par ailleurs, les recherches interdisciplinaires croisent souvent ces termes, ce qui rend encore plus difficile l'identification de la discipline, de la tradition, du courant ou de la théorie dans lesquels le terme est inscrit. Ici nous explicitons les traditions théoriques qui ont modélisé le concept d'« appropriation » dans les sciences sociales, lié à l'usage technologique. Nous introduisons également les connotations que l'*appropriation* prend dans le contexte de notre thèse. Morales & Casarín (2015) reconnaissent deux courants principaux qui peuvent servir pour comprendre les présupposés culturels et sociaux qui expliquent les rapports entre les individus et les technologies utilisant le concept « appropriation technologique » : la socioculturelle (de tendance qualitative) et la psychosociale (de tendance quantitative).

La tradition socioculturelle naît en Russie, principalement à partir des travaux de Vygotsky et Leontiev. Cette tradition étudie la construction sociale de signifiants autour de l'appropriation des « artefacts culturels ». Elle intègre les notions de « médiation instrumentale » et « médiation sociale ». Dans cette tradition socioculturelle, s'inscrit l'approche théorique de notre thèse concernant la médiation instrumentale que nous explicitons dans la section 2.2. A cette tradition appartient également, dans le contexte de la médiation sociale, la sociologie des usages des médias et des technologies, qui aborde l'approche de l'innovation et de la diffusion. Suivant cette approche, ont été menées des recherches concernant l'analyse des usages prescrits et réels (Perriault, 1989) « des déviances, des variantes, des détournements et des arpèges ». A cela, s'ajoutent les recherches de Michel de Certeau, concernant les « usages inventés » et les « usages constatés » ou l'existence de deux mondes, celui de la production, et celui de la consommation (De Certeau, 1990).

La tradition psychosociale, provenant des recherches états-uniennes menées principalement par McDougall (1908), et Allport (1924), a produit plusieurs théories et modèles, qui associent l'appropriation à des concepts tels que la perception, l'acceptation et l'adoption. Ici s'inscrit l'approche de l'analyse de l'utilité, l'utilisabilité et l'accessibilité avec lequel nous avons évité d'aborder cette thèse, tel que nous l'avons signalé dans la section précédente. Parmi les théories les plus connues issues de cette tradition, nous notons :

- la *théorie de l'action raisonnée* (Ajzen & Fishbein, 1980), qui établit que l'évaluation positive ou négative que l'individu fait de la réalisation d'une activité, peut dépendre des résultats qu'il obtient et de sa perception de la pression qu'exerce sur une personne son milieu social. Dans ce cas-là, on considère que la technologie est l'objet, et les attributs sont l'utilité et la facilité d'utilisation ;
- le *modèle d'acceptation technologique* (Davis, 1989), qui apporte quelques constructions théoriques telles que la facilité d'usage, l'utilité perçue, l'attitude envers l'usage, l'intention d'usage, la norme subjective, la

[27] http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/appropriation

[28] https://www.unige.ch/fapse/rift/files/9614/1571/8116/Poizat_presentation_conf_20_12_12.pdf

volonté, l'image, la pertinence du travail, la démontrabilité des résultats, et la facilité d'usage perçue. L'appropriation prend le sens d'acceptation ;

- le *modèle motivationnel* (Venkatesh & al. 2003), qui adapte les perspectives motivationnelles extrinsèques (l'activité pour obtenir du plaisir) et intrinsèques (l'utilité perçue), pour comprendre l'adoption technologique. L'appropriation est liée à l'adoption ;
- la *théorie du comportement planifié* (Ajzen & Martin, 1986), qui met en relation l'action humaine avec les croyances des individus concernant les conséquences, les conduites, les attentes normatives des autres (pression sociale) et les facteurs influant sur le développement de la conduite d'une façon positive ou négative. L'appropriation est en lien avec l'attitude de l'adoption : « *Fishbein y Ajzen (1975) afirman que cuando los individuos se forman una actitud positiva hacia el aprendizaje en aspectos relacionados con la tecnología, tendrán una intención más fuerte hacia la adopción y obviamente tendrán mayores inclinaciones para usarla* » [29](Morales & Casarín, 2015) ;
- la *théorie de la diffusion des innovations* (Rogers, 1962) qui explique les aspects relatifs à l'adoption de la technologie, tels que le processus de décision de l'innovation, les déterminants du rythme d'adoption et les différentes catégories des adoptants. Elle est basée sur cinq concepts : avantage relatif (l'idée d'amélioration qu'ont les individus d'une technologie par rapport à une autre déjà existante), la compatibilité (quand une innovation est perçue comme étant en lien avec les besoins, les valeurs et les expériences passées de ceux qui adoptent la technologie), la complexité (le degré de facilité ou difficulté d'utilisation d'une innovation), l'observabilité (lorsque les résultats d'une innovation peuvent être testés par ceux qui souhaitent l'adopter). L'appropriation a le sens d'adoption ;
- la *théorie sociale cognitive* (Bandura, 1986), utilisée pour apporter des idées additionnelles afin de déterminer les comportements relatifs à l'adoption des innovations, par exemple l'effet des caractéristiques de chaque individu et le rapport qui existe avec ces résultats d'acceptation de la technologie ;
- la *Théorie unifiée de l'acceptation de l'utilisation de la technologie* (Venkatesh et al. 2003), qui intègre toutes les approches précédentes. Cette théorie utilise quatre concepts : l'exigence de performance, l'exigence d'effort, l'influence sociale et les conditions facilitatrices.

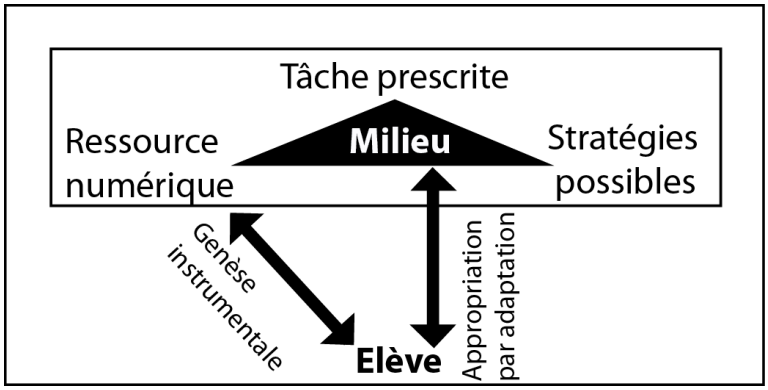
2.2 L'appropriation dans notre cadre théorique

Dans notre thèse, nous combinons deux principes théoriques liées à l'appropriation : l'un, provenant de l'épistémologie génétique de Jean Piaget, lié à la production du savoir avec une conception constructiviste. Il s'agit de la *Théorie des Situations Didactiques* (TSD) de Guy Brousseau, où l'appropriation prend le sens d'adaptation : le sujet apprend en conséquence de son adaptation à un milieu résistant avec lequel il interagit. Il s'agit du *milieu didactique* que l'enseignant organise pour que l'élève apprenne, et que l'élève élabore lors de son activité d'apprentissage. Ce milieu est composé de la tâche, des ressources et chemins possibles mis à disposition pour la réaliser (voir figure 1).

L'autre théorie provient d'une version renouvelée de la *théorie* Vygotskyenne *des instruments psychologiques*, connue comme la *théorie de l'activité instrumentée* (TAI), également connue comme *Théorie de la genèse instrumentale* (TGI) introduite par Verillon et Rabardel. L'appropriation prend le sens de construction psychologique d'un « instrument » à partir de l'usage d'un objet matériel ou symbolique (artefact), dans le contexte d'une situation instrumentée. Ce processus est couramment appelé *«* Genèse instrumentale » (GI) (Voir figure 1).

[29] « Fishbein et Ajzen (1975) affirment que quand les individus ont une attitude positive vers l'apprentissage dans des aspects liés à la technologie, ils auront une intention plus forte vers l'adoption et aurons de plus fortes tendances à les utiliser »

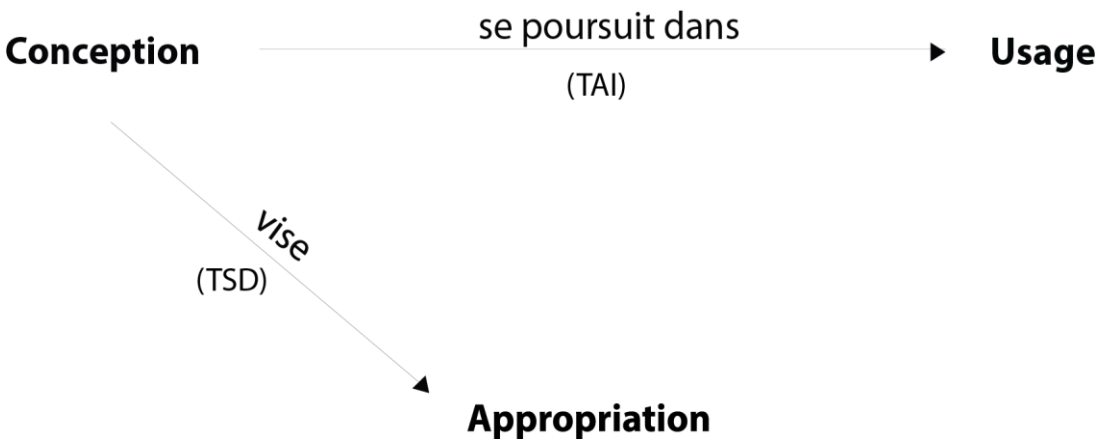
Figure 1 : la double dimension théorique de l'appropriation



Ainsi, l'appropriation représente dans cette thèse l'adaptation des élèves au milieu didactique, qui a été organisé par l'enseignant pour que les élèves apprennent par adaptation, en décidant avec quels aspects de ce milieu ils interagisent. En même temps les élèves construisent des instruments d'apprentissage à partir des ressources numériques mises à disposition pour réaliser les tâches prescrites, dans des *situations d'apprentissage instrumentées* (Voir figure 1).

Dans la figure 2, nous mettons en relation « conception », « usage » et « appropriation », à partir de deux principes théoriques de l'appropriation explicités. Ainsi, dans le contexte de l'appropriation de ressources numériques pour l'apprentissage, la question de l'appropriation peut être prise en compte lors de la conception de ressources numériques et lors de leurs usages : Selon la TAI la conception se poursuit dans l'usage, car les utilisateurs construisent un instrument à partir de l'artefact mis à disposition pour réaliser une tâche. Cette genèse instrumentale comprend deux processus : l'*instrumentation*, qui représente l'émergence des schèmes d'utilisation de la part de l'utilisateur pour réaliser des tâches prescrites ; l'*instrumentalisation*, qui est un processus de personnalisation et de transformation des fonctionnalités de l'artefact mis à disposition pour réaliser ces tâches. Selon la TSD la conception d'une ressource numérique vise l'appropriation, car lors de la conception d'une ressource numérique, l'enseignant transfère à l'élève la responsabilité de l'apprentissage, à travers un processus de dévolution, qui a lieu quand l'enseignant organise le milieu didactique pour que les élèves apprennent en autonomie. Dans les paragraphes suivants, nous explicitons en profondeur chacun de ces deux principes de l'appropriation.

Figure 2 : schéma d'interaction des principes théoriques



2.2.1. L'appropriation selon la TSD

Bien que la TSD a été conçue pour modéliser des situations d'apprentissage. Elle nous a permis de transposer ses principes à la modélisation des *situations d'apprentissage instrumentées*, à partir de trois de ses concepts : la situation d'apprentissage, le milieu didactique[30] et le processus de dévolution (Brousseau, 1998 ; 1990 ; 2010).
Notre intèret est également de nous questionner sur les réponses des élèves (appropriation) au transfert de la responsabilité de l'apprentissage par l'enseignant. Ce transfert que l'enseignant réalise à travers de l'organisation du milieu didactique (dévolution), conduit les élèves à réaliser les tâches avec une certaine autonomie « *Le milieu est le système antagoniste de l'actant. Dans une situation d'action, on appelle "milieu" tout ce qui agit sur l'élève ou / et ce sur quoi l'élève agit* » « *Le maître doit donc effectuer non la communication d'une connaissance, mais la dévolution du bon problème. Si cette dévolution s'opère, l'élève entre dans le jeu et s'il finit par gagner, l'apprentissage s'opère* » (Brousseau, 1990). L'élève doit développer des connaissances pour contrôler une situation d'action. Le milieu est le système antagoniste de l'élève, dans une situation au sein de laquelle il interagit et dont il doit comprendre et maîtriser les contraintes et les connaissances afférentes.

Brousseau (2010) a modélisé le processus de dévolution en cinq étapes, qui représentent les actions que l'enseignant doit considérer dans son activité de conception d'une situation d'apprentissage, pour transférer la responsabilité de l'apprentissage à l'élève :

- approche purement ludique : l'élève interagit avec les éléments de la situation ;
- dévolution d'une préférence : l'élève comprend les effets souhaités mais attribue les résultats des actions au hasard, sans être capable de prendre des décisions ;
- dévolution d'une responsabilité et d'une causalité : l'élève prend conscience des effets ou résultats des actions à partir des expériences précédentes ;
- dévolution d'une anticipation : l'élève établit la relation entre action et résultat avant de prendre une décision ;
- dévolution de la situation : l'élève reproduit les anticipations à volonté dans des circonstances variées, conscient du pouvoir de reproduction avec la connaissance des conditions de réussite.

A partir de l'introduction de la technologie dans le système didactique (ce dernier composé de l'élève, le savoir et l'enseignant). Nous avons pu préciser la place de la technologie dans l'organisation du milieu didactique (ce dernier composé des tâches, ressources, et chemins possibles pour les réaliser) :
Les fonctionnalités techniques des appareils informatiques introduits dans le système didactique d'une situation d'apprentissage peuvent contribuer à l'organisation, par les enseignants, du milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée :*

- si on identifie les potentialités de ces fonctionnalités pour prescrire des tâches d'apprentissage aux élèves ;
- si on met à profit ces potentialités pour concevoir des ressources numériques dédiées, avec lesquelles les élèves peuvent réaliser les tâches prescrites ;
- si ces ressources mis à disposition offrent aux élèves, les chemins des actions possibles à partir desquels ils peuvent élaborer les stratégies efficientes.

[30] « En situation scolaire l'enseignant organise et constitue un milieu, par exemple un problème, qui révèle plus ou moins clairement son intention d'enseigner un certain savoir à l'élève mais qui dissimule suffisamment ce savoir et la réponse attendue pour que l'élève ne puisse les obtenir que par une adaptation personnelle au problème proposé ». (Brousseau, 1989 : 325)

C'est ainsi que la mise à profit des potentialités pédagogiques offertes par les fonctionnalités techniques des appareils informatiques (tablette) servent à structurer le milieu didactique. Et dans ce sens-là, ces appareils servent de support matériel de ce contexte d'interaction entre l'élève et le milieu. Nous avons décidé d'aller au-delà de l'organisation du milieu, pour nous questionner ce qui se passe quand la dévolution devient éffective ? Comment réagissent les élèves à ce transfert ? Et comment mesurer cette réponse pour que les enseignants la prennent en compte dans la réorganisation du milieu à nouveau, pour prendre en compte les utilisateurs des ressources numériques dans la conception. Ça serait tout à fait possible si les enseignants procèdent en identifiant les variables didactiques[31] de la situation d'apprentissage. Une variable didactique est « *un élément de la situation qui peut être modifié par le maître, et qui affecte la hiérarchie des stratégies de solution qui produisent des adaptations, régulations et stratégies* ». Pour les modifier dans un processus de réingénierie de la ressource.

Pour ce faire, nous partons de la thèse de Gonçalves (2013). Cet auteur s'est inspiré du modèle de dévolution de Brousseau pour élaborer un modèle d'appropriation dans le cadre des jeux numériques : « *L'appropriation est un processus par lequel l'apprenant peut s'approprier le problème cible proposé au cours d'une situation d'apprentissage, et ce processus est à ce titre pertinent dans un environnement qui favorise la pratique* ». Gonçalves a modélisé l'appropriation des jeux numériques par l'élève en cinq niveaux. Chaque niveau d'appropriation est la réponse non nécessairement chronologique, que l'élève donne à chacune des étapes de la dévolution de la situation, lors de son activité d'apprentissage :

- accepter : interagir avec les aspects clés de la situation ;
- tester : découvrir les résultats des actions en agissant sans stratégie sur la situation ;
- faire des choix : comprendre le lien entre action et résultat à partir de l'activité ;
- anticiper : identifier les variables possibles à partir des choix faits ;
- maîtriser : catégoriser les problèmes pour anticiper les résultats.

Dans le tableau 3 nous mettons en lien les deux modèles

Tableau 3 : rapports entre dévolution et appropriation

Étapes de *dévolution de* Brousseau	**Niveaux d'appropriation *de* Gonçalves**
Approche purement ludique	Accepter
Dévolution d'une préférence	Tester
Dévolution d'une responsabilité et d'une causalité	Faire des choix
Dévolution d'une anticipation	Anticiper
Dévolution d'une situation	Maîtriser

Le modèle d'appropriation des jeux tel que défini par Gonçalves dans sa thèse, semble transposable au cas plus général de l'appropriation des ressources numériques, question qui nous intéresse. Car les jeux représentent des artefacts qui permettent de favoriser l'autonomie des élèves dans des situations d'apprentissage. Nous cherchons à mettre en place les éléments qui favorisent cette autonomie, en exploitant au maximum les potentialités pédagogiques offertes par les fonctionnalités de la tablette, pour organiser un milieu didactique produisant des rétroactions aux actions des élèves lors de la réalisation des tâches. Le modèle de l'appropriation proposé par Gonçalves, fait une distinction fine des niveaux nécessaires pour comprendre les moments clés de l'évolution de l'activité des élèves.

[31] Par le coût, la validité, la complexité » Brousseau (2010) : Glossaire didactique. http://www.formations.philippeclauzard.com/Glossaire-didactique.pdf

Cependant, pour nos propres desseins et pour des raisons pratiques de mise en œuvre, il nous a paru utile de simplifier le modèle d'appropriation de Gonçalves, en élaborant un outil d'analyse à trois niveaux avec des différences plus marquées. Cette simplification vise également l'élaboration d'un outil qui puisse être utilisé dans des contextes variés. En conséquence, nous avons décidé de regrouper certains niveaux d'appropriation qui sont distingués par Gonçalves : aux niveaux « Accepter » et « Tester » du modèle de Gonçalves, nous attribuons la fonction « Explorer », dans le sens où ce mot renvoie tant à l'intention qu'à l'action de tester. En effet, le dictionnaire Littré[32] définit le terme explorer comme « parcourir en examinant, en cherchant à découvrir ». Aux niveaux « Faire des choix » et « Anticiper », nous attribuons la fonction « élaborer des stratégies », dans le sens où l'élaboration d'une stratégie consiste à anticiper une situation à partir de la connaissance des variables de choix et de leurs conséquences, pour en garantir la réussite.

Ainsi, les quatre premiers niveaux sont divisés en deux pour former le niveau « Explorer » et le niveau « élaborer des stratégies ». Le niveau « Maîtriser » est conservé, parce qu'il correspond déjà à un ensemble complexe incluant deux processus composites : catégorisation-anticipation et formulation-validation. (Ce dernier correspondant aux situations d'apprentissage que Brousseau définit avec les mêmes termes.

Dans une situation de formulation, les connaissances sont construites comme des moyens de communication, où l'action sur le milieu apporte des rétroactions sur la formulation. Dans une situation de validation, les connaissances se construisent comme un moyen de prouver quelque chose et de convaincre un interlocuteur). Maîtriser une ressource numérique signifie alors connaître les champs d'action possibles, savoir planifier des stratégies d'action optimales et pouvoir argumenter les décisions prises. A partir du modèle de Gonçalves, nous proposons un modèle d'appropriation des ressources numériques simplifié, comprenant trois niveaux (Tableau 4). C'est ainsi que nous avons transposé un outil théorique originalement conçu pour modéliser des situations d'apprentissage dans le champ de la conception, à un outil théorique pour évaluer l'appropriation d'une ressource numérique dans le champ de l'usage, à partir du modèle d'appropriation de Gonçalves (2013).

Tableau 4: les niveaux d'appropriation liés à la dévolution de la situation

Niveaux d'appropriation	**Description**
Explorer	Interagir sans stratégie avec la ressource numérique, en découvrant les effets des actions effectuées.
Élaborer des stratégies	Comprendre les liens entre actions et résultats, en identifiant les actions possibles à partir des choix effectués.
Maîtriser	Connaître les champs d'actions possibles, savoir planifier des stratégies d'action optimales et pouvoir argumenter les décisions prises, obtenant ainsi de ses pairs, la validation des connaissances formulées.

[32] http://littre.reverso.net/dictionnaire-francais/definition/tester

2.1.2 L'appropriation selon la TAI

S'adaptant au milieu didactique, et en interaction avec la ressource numérique qui lui est mise à disposition pour réaliser la tâche prescrite, l'élève s'engage dans la construction d'un instrument matériel ou symbolique. L'appropriation est ici le résultat d'un processus progressif de genèse d'un instrument à partir de l'utilisation d'un artefact. La transformation de l'artefact en instrument dépend, d'une part des contraintes et des possibilités d'action que l'artefact offre à son utilisateur, d'autre part des connaissances du sujet, de ses modes de fonctionnement, des représentations qu'il construit au cours de l'usage. C'est ainsi qu'en s'appropriant l'artefact, l'utilisateur le modifie, ce qui représente un acte de conception. Ainsi, lors de cette *genèse instrumentale,* un double processus s'établit entre l'artefact et son utilisateur : « L'instrumentalisation »[33] permet à l'utilisateur d'adapter l'artefact à ses besoins ; à partir de ses connaissances, il utilise les fonctionnalités dont il a besoin pour effectuer des tâches prescrites, et lors de cette activité, des fonctionnalités non prévues par le concepteur de l'artefact peuvent émerger.

Dans le processus d'« instrumentation »[34], les contraintes et potentialités de l'artefact influencent et conditionnent l'action de l'utilisateur, le conduisant à accommoder son activité, ses schèmes d'utilisation, et à produire des nouvelles significations. Nous partons de la *genèse instrumentale* pour construire une méthodologie d'analyse de l'usage de ressources numériques (que nous considérons comme les artefacts que les enseignants donnent aux élèves pour réaliser des tâches d'apprentissage), de manière à pouvoir contribuer à la conception itérative de ressources numériques. Notre démarche, pour inclure cette notion d'appropriation dans notre travail, consiste notamment à prendre en compte les schèmes d'utilisation que doivent construire les élèves pour réaliser la tâche avec les artefacts mis à disposition, dès la conception de la ressource numérique (moment où le concepteur prescrit l'usage de la ressource en tant qu'artefact pour réaliser des tâches d'apprentissage). Cela en vue de les visualiser dans le cadre d'un usage réel (moment où les élèves les construisent), c'est-à-dire l'appropriation instrumentale.

A notre avis, les ressources numériques en cours de conception au sein du projet Tactiléo ne sont pas assez développées pour être analysées du point de vue de la dimension « instrumentalisation » de l'appropriation instrumentale. Dans le cas du jeu MTAT (terrain principal de cette thèse) les seuls aspects du processus d'instrumentalisation identifiables dans l'activité d'apprentissage des élèves sont la « sélection » et le « regroupement » des documents numériques que les élèves utilisent pour réaliser la tâche. Néanmoins la « production » et « institution » de fonctions, ne sont pas observables parce que le niveau de développement de l'application ne permet pas aux élèves d'intervenir sur les fonctions de l'application. En ce qui concerne le « détournement », les « catachrèses » et l'attribution de propriétés, l'utilisation de l'artefact est cadrée par des règles du jeu qui conduisent les élèves à utiliser l'application de la façon souhaitée par l'enseignant, ne leur permettant pas d'utiliser l'application pour réaliser une activité différente.

Pour Vergnaud (2001), un schème est l'organisation invariante de l'activité pour une classe définie de situations. Les schèmes sont composés d'anticipations du but à atteindre, de règles d'action, de raisonnements (qui permettent de calculer les règles et les anticipations) et de traductions en acte de théorèmes et concepts. Selon Rabardel (1995) deux types de schèmes d'utilisation s'appliquent aux deux

[33] « Les processus d'instrumentalisation concernent l'émergence et l'évolution des composants artefacts de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements et catachrèses, attribution de propriétés, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement etc.) qui prolongent les créations et réalisations d'artefacts dont les limites sont de ce fait difficiles à déterminer » (Rabardel, 1995 : 111)

[34] « Les processus d'instrumentation sont relatifs à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'usage et d'action instrumentée : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution par accommodation, coordination combinaison, inclusion et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués etc. » (Rabardel, 1995 : 111)

dimensions de l'activité instrumentée : les schèmes d'usage[35], qui concernent la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact (son fonctionnement) ; et les schèmes d'action instrumentée[36], qui concernent l'objet de l'activité pour lequel l'artefact est un moyen de réalisation (la tâche).

Les schèmes d'utilisation de la ressource numérique par les élèves sont classés dans cette thèse selon les niveaux d'appropriation qu'ils favorisent. De cette façon, nous intégrons les notions d'appropriation de la TSD (adaptation au milieu didactique) avec celle de la TAI (construction d'un instrument, ou plus précisément dans notre cas instrumentation). Ainsi, les schèmes d'usage favorisent le niveau d'appropriation « Explorer » ou la familiarisation avec le fonctionnement de la ressource. Et les schèmes d'action instrumentée favorisent le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » pour résoudre la tâche.

Ces schèmes d'utilisation sont également mis en relation, dans ce travail, avec les tâches que les fonctionnalités de la tablette permettent de prescrire. Ainsi, pour chacune des tâches qu'il est possible de prescrire à partir des fonctionnalités techniques de la tablette, les élèves peuvent construire plusieurs schèmes d'utilisation pour les réaliser. Avec notre modèle, nous proposons ainsi des outils permettant aux concepteurs de ressources numériques, d'anticiper les tâches à prescrire avec la tablette et les schèmes possibles à construire par les élèves pour les réaliser, de manière à favoriser l'appropriation par les élèves des ressources numériques en conception. En conséquence, nous pouvons analyser les schèmes d'utilisation construits par les élèves pour réaliser des tâches instrumentées, comme étant en lien avec la mise à profit par les concepteurs de la ressource, et des tâches possibles à prescrire avec les fonctionnalités techniques des appareils informatiques utilisés.

2.3 La ressource numérique

Dans ce chapitre, nous définissons la ressource numérique à partir de la définition de la ressource de l'élève et la ressource de l'enseignant. Nous définissons également la ressource numérique à partir de sa dimension prescriptive et de son usage réel. La notion de ressource numérique de l'élève n'est pas assez formalisée dans les approches théoriques dans lesquels nous situons notre recherche. Nous l'avons donc construite à partir des principes théoriques correspondants à notre cadre.

2.3.1 L'artefact : ressource de l'élève

La notion de ressource pour l'apprenant ou pour l'apprentissage se développe dans la seconde moitié du XXe siècle, après la Seconde Guerre Mondiale, lorsque les médias étaient utilisés pour « l'instruction audiovisuelle » et l'élève commençait à être considéré comme un sujet actif de son apprentissage (Baron & Dané, 2007). Entre les années 60 et 70, émerge la perspective de « l'industrialisation de l'éducation » et la conception de « technologie éducative » se répand, avec l'idée de passer d'un « système d'apprentissage

[35] « Les schèmes d'usage (Sh.Us.) sont relatifs aux "tâches secondes". Ils peuvent, comme dans notre exemple, se situer au niveau de schèmes élémentaires (au sens de non décomposables en unités plus petites susceptibles de répondre à un sous but identifiable), mais ce n'est nullement nécessaire : ils peuvent eux-mêmes être constitués en totalité articulant un ensemble de schèmes élémentaires. Ce qui les caractsérise, c'est leur orientation vers les tâches secondes correspondant aux actions et activités spécifiques directement liées à l'artefact ; » (Rabardel, 1995 : 91)

[36] « Les schèmes d'action instrumentée (Sh.A.I.), dont la signification est donnée par l'acte global ayant pour but d'opérer des transformations sur l'objet de l'activité. Ces schèmes, incorporent, à titre de constituants, les schèmes du premier niveau (Sh.Us.). Ce qui les caractérise, c'est qu'ils sont relatifs aux "**tâches premières**". Ils sont constitutifs de ce que Vygotsky appelait les "actes instrumentaux", pour lesquels il y a recomposition de l'activité dirigée vers le but principal du sujet du fait de l'insertion de l'instrument » (Rabardel, 1995 : 91)

centré sur le professeur » à un « système d'apprentissage fondé sur l'environnement », pour favoriser l'apprentissage actif. Lors des années 80, le développement de l'informatique, d'Internet et de la convergence des médias, permet aux ressources numériques de devenir tangibles pour l'éducation, tant pour l'usage des enseignants que pour celui des élèves (Baron & Dané, 2007). La ressource numérique de l'élève est ensuite marquée par deux approches d'enseignement : une provenant de *the instructional design* , qui place la ressource de l'élève dans un contexte d'usage supervisé (mis en œuvre à partir d'une tâche prescrite), l'autre provenant de ressources d'accès et de création libre, qui met la ressource dans un contexte d'usage non supervisé (mis en œuvre à partir d'une activité d'apprentissage en autonomie) (Baron & Dané, 2007).

L'appropriation de la ressource numérique étant l'objet d'étude de notre travail de thèse, notre cadre théorique nous conduit à nous interroger sur ce qu'est une ressource. Ainsi, dans le contexte de la TAI, on peut considérer une ressource numérique comme un artefact que les élèves doivent transformer en instrument d'apprentissage dans des situations d'action[37] en classe (Rabardel, 1995). Selon Rabardel, un instrument est une entité hybride constituée par un artefact et par des schèmes d'utilisation de cet artefact dans une situation d'action. Une ressource numérique est ainsi un artefact avec lequel les élèves construisent un instrument pour réaliser une tâche, dans le contexte d'une *situation d'apprentissage instrumentée* par le numérique. Par artefact numérique, il faut entendre tout document numérisé (image, son, texte…) ou application informatique (artefact informatique) qui possède des caractéristiques intrinsèques en termes d'affordances (Gibson, 1997), de propriétés, de fonctionnalités avec lesquelles il est possible de réaliser des actions pour l'apprentissage avec une certaine autonomie.

L'artefact est ainsi concrètement représenté par les applications et les documents numériques que les enseignants proposent aux élèves en classe pour qu'ils réalisent une tâche d'apprentissage. Les schèmes d'utilisation sont représentés d'un côté par le domaine des fonctions propres à l'artefact (les schèmes d'usage) et d'un autre côté par les stratégies que construisent les élèves pour réaliser la tâche avec l'artefact (les schèmes d'action instrumentée). Ces tâches représentent l'objet de l'activité pour lequel l'artefact est un moyen de réalisation à partir de stratégies possibles que la ressource numérique permet de construire (ses affordances). En tant qu'artefact, la ressource numérique peut néanmoins favoriser ou restreindre les actions des élèves.
Dans le contexte de la TSD, on peut considérer que la ressource numérique représente un élément du milieu didactique. En effet, avec les tâches prescrites et l'anticipation des stratégies possibles pour les réaliser, la ressource numérique forme l'environnement antagoniste dans lequel l'élève doit se confronter à une série de rétroactions pour construire les connaissances lui permettant de s'y adapter.

2.3.2 Des situations : ressources de l'enseignant

La ressource pour l'enseignement comprend plusieurs dimensions : les ressources humaines, culturelles et matérielles.

- les ressources humaines sont représentées par les savoirs et expériences professionnelles (Philippot, 2008 ; Gueudet & Trouche, 2010)[38] ;
- les ressources culturelles sont représentées par exemple par les prérequis des élèves, les temps scolaires ou la manière d'aborder une discipline (Adler, 2000) ;

[37] « C'est une situation où la connaissance du sujet se manifeste seulement par des décisions, par des actions régulières et efficaces sur le milieu et où il est sans importance pour l'évolution des interactions avec le milieu que l'actant puisse ou non identifier, expliciter ou expliquer la connaissance nécessaire » Brousseau (2010) Glossaire didactique. http://www.formations.philippeclauzard.com/Glossaire-didactique.pdf

[38] Gueudet & Trouche considèrent la ressource du professeur au sens large, par exemple des interactions avec des collègues et avec les élèves.

- les ressources matérielles (que nous préférons intituler « ressources formelles » car on peut considérer que la numérisation des documents peut contribuer à leur dématérialisation) sont représentées par les programmes et manuels scolaires, descriptions de situations d'apprentissages, numériques ou non, et d'objets.

Ici, nous pouvons signaler la notion de ressource de l'enseignant théorisée dans l'approche documentaire (Gueudet & Trouche, 2010). L'approche documentaire introduit la distinction entre l'ensemble des ressources disponibles (incluant les supports imprimés, sonores, livres, logiciels, sites Internet), et les documents que le professeur développe à partir de cet ensemble, dans un processus de « genèse documentaire » inspiré de la *théorie de la genèse instrumentale* (Rabardel & Pastré, 2005). Dans cette classification peut également rentrer l'ensemble des éléments permettant de décrire *a priori* une situation d'apprentissage, et de la mettre en œuvre en classe : des fiches à destination de l'enseignant, des supports pour l'activité de l'enseignant (animations, illustrations, etc.)[39]. Ces ressources peuvent être sous-classifiées en « ressources brutes ou simples » [40]:

Les ressources brutes sont des éléments pédagogiques produits par un enseignant dans un contexte donné, qui ne sont pas directement exploitables par un élève dans un autre contexte, mais qui sont mobilisables par un autre enseignant lors de la production d'une situation d'apprentissage. Par exemple une image, un fichier de géométrie dynamique, un extrait d'un livre, etc. Ces documents ne sont pas auto-suffisants pour permettre l'activité d'enseignement, mais un enseignant peut les utiliser pour concevoir sa propre situation d'apprentissage, de fait singulière.

De cette variété de ressources formelles, nous retenons pour notre travail de thèse notamment les « ressources scénarisées » (Henri et al., 2007 ; Pernin & Emin, 2006). Ce sont des objets autonomes, contenant tout ce qu'il faut pour les faire fonctionner sur le plan pédagogique et technique. Ils visent l'acquisition d'un savoir ou d'une compétence et comprennent un nombre restreint d'activités à réaliser. Ces ressources se veulent transférables à un enseignant « utilisateur », elles incluent donc inévitablement, en plus des ressources mises à disposition des élèves, des éléments permettant leur usage. Nous insistons sur le fait que la ressource, du point de vue de l'enseignant, a une dimension prescriptive dans la mesure où elle embarque une intentionnalité pédagogique sous la forme d'une prescription d'usage, explicite (cas des ressources scénarisées) ou non (cas des ressources simples ou brutes). La diffusion de ressources conçues pour les élèves par des enseignants doit donc forcément prendre en charge la dimension de la scénarisation et de la description des situations d'apprentissage préconisées. Cela signifie que la ressource scénarisée doit spécifier quel artefact utiliser pour apprendre, ce qu'il faut apprendre, et dans quel contexte d'apprentissage l'utiliser.

2.3.3 La ressource numérique

A partir de la définition de la ressource de l'élève et celle de l'enseignant, nous définissons la ressource numérique de l'élève comme une partie de l'objet d'étude de cette recherche. Notre objectif est d'évaluer son appropriation par les élèves à partir des principes implicites dans un cadre théorique défini. Nous définissons donc la ressource numérique comme la rencontre entre la ressource de l'élève (dans le contexte de son usage réel) et la ressource de l'enseignant (dans sa dimension prescriptive). Selon nous, la ressource

[39] Cette conception de ressource émerge de projets de recherche appuyés sur des communautés de concepteurs de situations d´enseignement des mathématiques (ex. SFoDEM, Casyopée, Intergeo et plus récemment ReVEA). Dans ces communautés, le besoin d'un modèle de description des situations d'apprentissage s'est fait sentir, pour pouvoir les partager, permettre leur appropriation par des enseignants « utilisateurs », les modifier après retour d'expérience...

[40] http://tutofop.ressources.educagri.fr/fileadmin/ressources/Dispositif_Parcours/RC_Ressources_FP_01.pdf

numérique est l'ensemble des applications et des documents numériques que les enseignants mettent à disposition des élèves pour réaliser des tâches prescrites, dans le cadre d'une *situation d'apprentissage instrumentée* par le numérique. Autrement dit, la ressource numérique est l'artefact que les élèves doivent transformer en instrument dans l'activité d'apprentissage, quand ils réalisent des tâches prescrites par les enseignants. Le terme ressource renvoie donc ici à l'usage prescrit qui est fait d'un artefact numérique et/ou informatique visant son appropriation en situation d'apprentissage.

Ainsi la prescription des tâches des élèves par les enseignants peut conduire les élèves à accommoder des schèmes d'utilisation aux propriétés de la ressource numérique, et à l'adapter à leurs besoins tout en enrichissant ses propriétés (Rabardel, 1995). Certaines propriétés seront utilisées par les élèves, d'autres pas. Des utilisations non prévues pourront être observées et remises en perspective dans un processus de réingénierie. Ainsi, nous étudions l'appropriation de la ressource numérique par l'élève, d'une part sous l'angle de de la TAI : l'appropriation d'une ressource renvoie à un processus de conception dans l'usage. D'autre part, selon la TSD l'appropriation renvoie à l'adaptation de l'élève au milieu didactique dans lequel la ressource est intégrée, comme une réponse au transfert de la responsabilité de son apprentissage, que l'enseignant réalise à travers un processus de dévolution. L'apprentissage est alors compris comme un processus adaptatif. Etant donné que la responsabilité de l'apprentissage est alors dans les mains de l'élève, l'appropriation de la ressource numérique se traduit dans le degré d'autonomie dont l'élève dispose lors de l'activité d'apprentissage instrumentée par la ressource numérique, pour apprendre par adaptation.

2.4 La *situation d'apprentissage instrumentée*

« L'autonomie de l'élève ne se décrète pas, mais s'organise, en particulier, en organisant la régulation du système didactique *tout entier »*

Jean Ravestein

Tout au long de ce chapitre, nous avons analysé différentes dimensions de l'appropriation des ressources numériques (le concept d'appropriation, l'apport de l'appareil informatique, et la notion de ressource numérique). Cependant, notre analyse ne sera pas complète si nous ne mettons pas en lien ces éléments dans le contexte de la situation d'apprentissage où cette appropriation a lieu. Nous introduisons ainsi le concept de *situation d'apprentissage instrumentée,* pour décrire une situation d'action (Brousseau, 1998) dans laquelle l'usage d'une ressource numérique est prescrit aux élèves pour réaliser des tâches d'apprentissage, et les élèves construisent (avec cette ressource numérique prescrite) un instrument d'apprentissage. La construction de cet instrument d'apprentissage dépend des stratégies que la ressource numérique permet d'élaborer pour que les élèves réalisent la tâche, ainsi que de la reconnaissance, par les élèves des stratégies permettant la construction du savoir visé. Nous nous intéressons ainsi à l'apprentissage instrumenté, (celui qui se réalise une fois que l'élève identifie les stratégies que la ressource numérique lui permet d'élaborer pour réaliser la tâche, et celles lui permettant de construire le savoir visé.

Nous abordons l'analyse du contexte de la *situation d'apprentissage instrumentée* par la ressource numérique (l'artefact à transformer par l'élève en instrument d'apprentissage), dans laquelle l'appropriation de cette ressource numérique a lieu. En analysant d'abord l'introduction au sein du système didactique, de l'appareil informatique qui sert de support de l'activité d'apprentissage instrumentée (dans notre cas la tablette). Ce dernier sert de support matériel à l'interaction entre les élèves et la ressource numérique lors d'une *situation d'apprentissage instrumentée* et influence les relations entre les différents éléments de ce système (l'enseignant, l'élève et le savoir) (Figure 3). Nous parlons « d'appareil informatique » et non de tablette, car une situation d'apprentissage peut être instrumentée par différents appareils (tablettes, ordinateurs, ordiphones, tables numériques TNI, etc.) ce qui signifie que l'appareil informatique introduit dans le système didactique peut varier. En conséquence, le modèle d'une *situation d'apprentissage instrumentée* peut être générique à tous les appareils susceptibles d'être introduits dans le système didactique. Cependant, les aspects spécifiques de chaque appareil informatique introduit au sein du système didactique concernent l'utilisation de leurs fonctionnalités techniques pour la prescription de tâches. Cette différenciation nous a semblé nécessaire pour pouvoir préciser les principes théoriques qui expliquent les relations entre les éléments interagissant dans une *situation d'apprentissage instrumentée*, ou plus précisément, les aspects génériques et variables de la situation. Cela nous permet de construire la problématique de cette recherche.

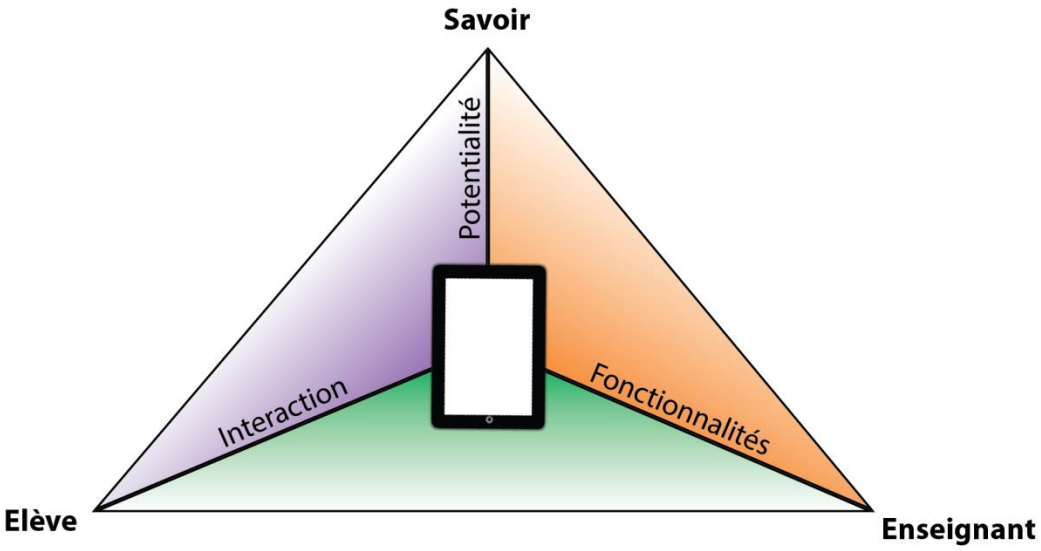
Autrement dit, nous nous questionnons sur comment l'introduction de ce support matériel influence les relations entre les dimensions du système didactique, lorsque les fonctionnalités de ce support matériel sont utilisées pour concevoir des ressources numériques à destination des élèves, pour comprendre la place de la spécificité technique de la tablette (appareil informatique) dans une *situation d'apprentissage instrumentée*. Nous modélisons son introduction dans le système didactique en prenant en compte trois aspects :

- la tablette en tant que support matériel pour instrumenter une situation d'apprentissage : l'utilisation de sa spécificité technique pour la conception de ressources numériques ;
- la tablette comme un appareil informatique portant une richesse multifonctionnelle à mettre à profit, au-delà de sa seule dimension tactile : nous préférons nous éloigner de la vision réductrice qui conduit les concepteurs de ressources à considérer uniquement la dimension tactile des fonctionnalités techniques de la tablette ;

- la tablette comme objet de prescription de tâches : nous partons de l'hypothèse stipulant que les élèves répondent à un usage prescrit de la tablette, à partir de la ressource numérique mise à leur disposition pour réaliser des tâches. C'est pour cela que nous prenons en compte la multifonctionnalité technique de la tablette pour la conception de ressources numériques et non directement pour l'analyse de leur usage.

Dans les paragraphes qui suivent, nous décrirons le modèle d'une *situation d'apprentissage instrumentée* (Figure 3). Avec ce modèle, nous représentons l'influence de l'introduction d'un appareil informatique dans l'interaction entre les dimensions du système didactique (élève, enseignant, savoir) lorsque les fonctionnalités de ce support matériel sont utilisées pour concevoir des ressources numériques pour les élèves. Nous commençons par définir le rôle de chaque dimension puis les relations entre elles, pour finalement décrire le milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée*.

Figure 3 : le système didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée*



2.4.1 Dimension « élève »

Dans le cadre d'une *situation d'apprentissage instrumentée* par une ressource numérique, dans laquelle un appareil informatique (dans notre cas, la tablette) sert de support matériel de l'activité d'apprentissage de l'élève. L'élève apprend en s'adaptant à un milieu didactique que l'enseignant organise, pour qu'il réalise des tâches avec une ressource numérique. Dans ce contexte, l'autonomie de l'élève est rendue possible s'il a une certaine liberté de choix de stratégies qu'il peut mettre en œuvre, et si le milieu didactique produit en retour les rétroactions nécessaires pour lui permettre d'évaluer la pertinence de ses choix (Brousseau, 1990).

L'autonomie résulte également de la capacité qu'a l'élève à se familiariser avec les ressources numériques mises à sa disposition, s'il peut identifier les différentes possibilités d'action pour réaliser la tâche (stratégies possibles), en particulier celles qui sont optimales. Lorsqu'il peut expliciter et formuler la manière dont il a résolu cette tâche, on considère alors que l'élève s'est approprié la ressource (Brousseau, 2010).

2.4.2 Dimension « enseignant »

Lors de la conception d'une *situation d'apprentissage instrumentée* par une ressource numérique, l'enseignant est amené à prescrire aux élèves la réalisation de tâches instrumentées. La réalisation de ces tâches doit permettre de contextualiser de nouveaux éléments de savoir pour en faire des connaissances opératoires. Ainsi, au regard de l'apprentissage visé, l'enseignant prescrit à la fois les tâches et les *artefacts* avec lesquels ces tâches seront réalisées (voir figure 4 : le milieu didactique d'une situation d'apprentissage instrumentée). Une même ressource numérique pourrait permettre de réaliser des tâches différentes selon l'usage que l'enseignant peut prévoir dans le scénario. Les rôles de l'enseignant sont d'une part d'organiser un *milieu didactique* qui prend en charge ses intentions didactiques : le savoir visé, les tâches, les ressources numériques, et les stratégies possibles pour les réaliser, ainsi que les rétroactions pour conduire les élèves vers les stratégies efficientes (Brousseau, 1998) ; et d'autre part, de transférer aux élèves la responsabilité de la réalisation de la tâche à travers un processus de dévolution (Brousseau, 2010). C'est via la ressource numérique que l'enseignant se sert des fonctionnalités techniques de l'appareil informatique (ici la tablette) pour organiser le milieu didactique et favoriser la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée*.

2.4.3 Dimension « savoir »

La dimension savoir dans ce modèle est relative à ce que nous intitulons « l'*apprentissage instrumenté* ». Ce qui signifie l'apprentissage qui se construit à partir de l'usage d'un artefact (la ressource numérique mise à disposition) pour réaliser des tâches d'apprentissage dans une situation d'action. Cet artefact peut devenir un instrument d'apprentissage, si l'élève construit les schèmes d'usage lui permettant d'élaborer les stratégies efficientes pour apprendre, en fonction des stratégies possibles que la ressource numérique permet effectivement d'élaborer pour réaliser la tâche.

Du point de vue de l'enseignant, le savoir en jeu dans la *situation d'apprentissage instrumentée* se traduit en compétences à faire développer aux élèves, et en objectifs d'apprentissage. Du point de vue des élèves, le savoir renvoie à la capacité de réaliser les tâches prescrites en élaborant les stratégies efficientes (celles leur permettant d'apprendre). Les relations entre les savoirs en jeu et l'appareil informatique employé (ici la tablette) dépendent de l'utilisation par l'enseignant des potentialités fonctionnelles de l'appareil pour prescrire des tâches aux élèves, à réaliser avec la ressource numérique.

Ainsi, les savoirs en jeu dans une *situation d'apprentissage instrumentée* dépendent des objectifs d'apprentissage spécifiques fixés par l'enseignant ; des potentialités fonctionnelles de l'appareil informatique (la tablette) effectivement mobilisées pour atteindre ces objectifs d'apprentissage à travers la prescription de tâches instrumentées par la ressource numérique ; et de la prise en compte des élèves pour les tâches particulières à effectuer, et pour les stratégies possibles et optimales pour les réaliser. La formulation du savoir par les élèves est donc liée à la formulation des objectifs qui ont motivé les choix des stratégies mises en place lors de l'activité d'apprentissage, plutôt que la formulation du savoir disciplinaire lui-même détaché des stratégies mobilisées pour le construire.

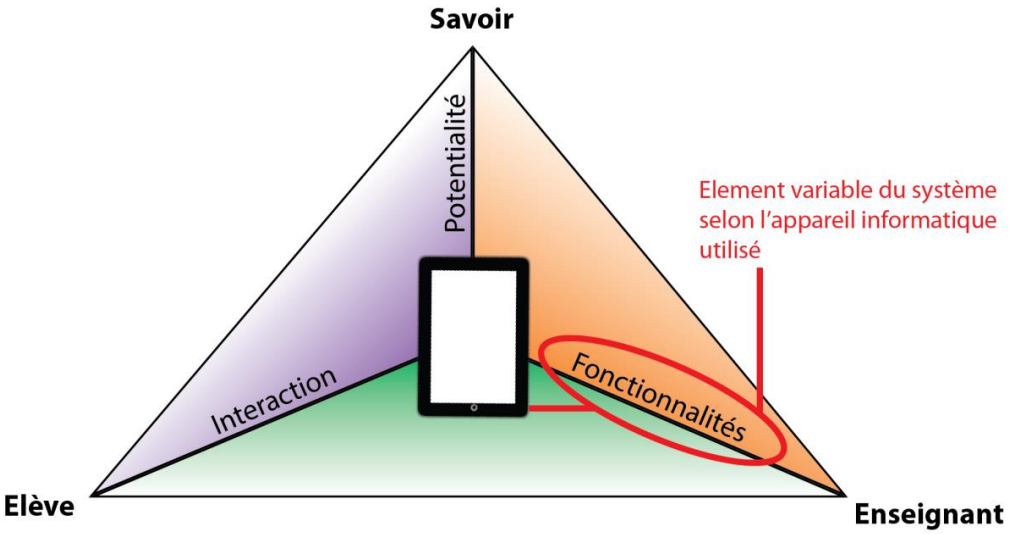
2.4.4 Dimension « appareil informatique »

Des appareils informatiques sont introduits par les enseignants au sein du système didactique, ce qui permet de mettre en œuvre leurs potentialités pédagogiques pour prescrire aux élèves des tâches instrumentées par des ressources numériques. Cette introduction influence le rapport entre les trois dimensions du système didactique que nous venons d'expliciter (l'élève, l'enseignant et le savoir). Nous allons expliciter cette influence ci-dessous :

2.4.4.1 L'influence de l'introduction d'un appareil informatique au sein du système didactique, sur la relation Savoir-Enseignant

La multifonctionnalité technique des appareils informatiques dans notre modèle est représentée par le volet « fonctionnalités » (Voir figure 4), c'est-à-dire les fonctionnalités techniques des appareils informatiques utilisés dans la conception des situations d'apprentissages. Les tâches à prescrire aux élèves sont *instrumentées* par des ressources numériques (les *situations d'apprentissage instrumentées)* et varient selon l'appareil utilisé. Nous proposons de les identifier pour les prendre en compte lors de la conception des ressources numériques, en nous posant la question : quels sont les tâches que nous pouvons prescrire en utilisant les fonctionnalités techniques d'un appareil informatique ?

Figure 4 : prise en compte de la spécificité fonctionnelle de l'appareil informatique utilisée dans la conception des *situations d'apprentissage instrumentées* par des ressources numériques



En tant qu'appareils informatiques, les « interfaces tactiles » offrent certaines opportunités aux enseignants pour prescrire des tâches que les élèves peuvent réaliser lors des situations d'action (Brousseau, 1998). Les potentialités des fonctionnalités de la tablette pour la prescription de tâches que nous avons identifiées sont présentées dans le Tableau 5 (page 47) (les potentialités des fonctionnalités techniques de la tablette pour la prescription de tâches d'apprentissage), en relation avec les trois dimensions fonctionnelles que nous avons identifié dans le point 2.2.1 de cette thèse : manipulation et interactions multimodales, communication, capture et traitement de données (Pérez et al. 2015).

Tableau 5 : les potentialités des fonctionnalités techniques de la tablette pour la prescription de tâches d'apprentissage

Fonctionnalités	Tâches permises par les fonctionnalités
Manipulation et interaction multimodale	Sélectionner, manipuler, organiser, représenter, mémoriser, visionner des images (photos et vidéos, graphiques, textes), écouter des sons
Communication	Géo-localiser, consulter des documents en ligne, échanger en ligne
Capture et traitement de données	Calculer, annoter, rédiger, capturer des données audiovisuelles, capturer des données environnementales, recueillir des données d'utilisateurs, enregistrer et archiver, représenter

2.4.4.2 L'influence de l'introduction de l'appareil informatique au sein du système didactique sur la relation Enseignant-Élève

A travers des processus de dévolution, les enseignants peuvent transférer aux élèves la responsabilité de leur apprentissage. Pour réaliser la dévolution de *situations d'apprentissage instrumentées*, les enseignants peuvent faire en sorte que les tâches à réaliser par les élèves soient chaque fois instrumentées par des ressources numériques, permettant ainsi aux élèves de gagner en autonomie, et déchargeant les enseignants d'interventions sur l'activité d'apprentissage des élèves. Les ressources numériques mises à disposition des élèves pour réaliser les tâches peuvent prendre le rôle des enseignants. Par exemple, si un élève a des doutes sur le fonctionnement de la ressource numérique, il peut consulter une aide ou un tutoriel au lieu de poser des questions à l'enseignant.

Dans l'optique d'une plus grande autonomie, l'appropriation de la ressource numérique par les élèves peut devenir l'ensemble de leurs réactions et adaptations aux rétroactions du milieu didactique. Ces rétroactions proviennent de l'utilisation par les enseignants, des potentialités des fonctionnalités techniques de l'appareil informatique (tablette) pour organiser le milieu didactique : tâches, ressources et stratégies pour les réaliser (Voir figure 5 : le milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée*). C'est ainsi que l'introduction de l'appareil informatique au sein du système didactique influence le rapport entre l'enseignant et l'élève.

2.4.4.3 L'influence de l'introduction de l'artefact informatique au sein du système didactique sur la relation Élève-Savoir

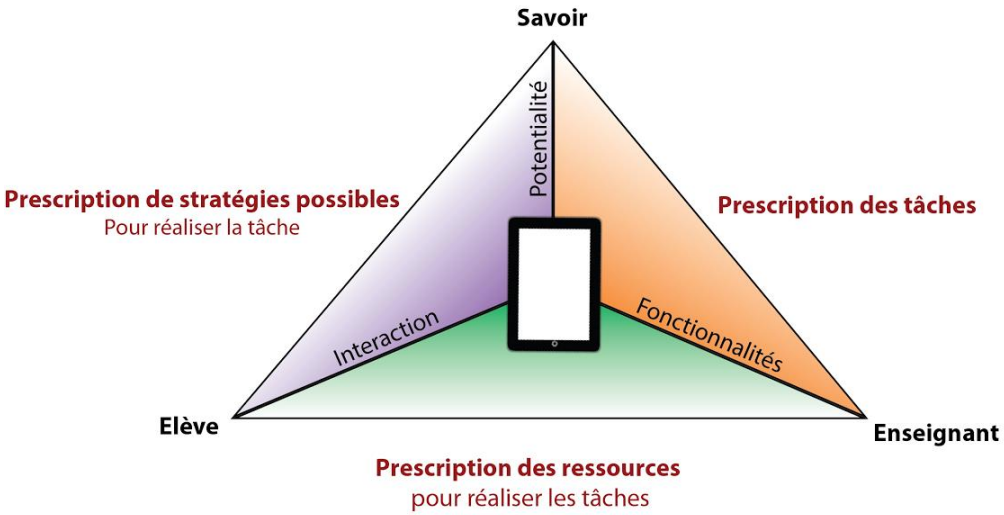
Dans une *situation d'apprentissage instrumentée*, le milieu didactique organisé par l'enseignant conduit les élèves à élaborer des stratégies d'action optimales pour réaliser les tâches que l'enseignant prescrit en utilisant les fonctionnalités techniques de l'appareil informatique. Ce faisant, les élèves développent les connaissances pragmatiques (Pastré, 2002), qui pourront devenir des savoirs s'ils ont la possibilité de formuler et valider les connaissances en acte mobilisées lors de l'élaboration des stratégies mises en place.

2.4.5 Le *milieu didactique* d'une *situation d'apprentissage instrumentée*

Dans la figure 5, nous pouvons visualiser la représentation selon notre modèle, du milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée*. Ce milieu didactique s'organise en utilisant les fonctionnalités techniques de l'appareil informatique (représenté dans la figure 5 par une tablette), présentes dans le système didactique (représenté par le triangle qui met en rapport l'enseignant, l'élève et le savoir). L'objectif est de prescrire des

tâches instrumentées aux élèves (relation Savoir-Enseignant), pour concevoir les ressources numériques à mettre à disposition des élèves pour qu'ils réalisent les tâches (relation enseignant-élève) ; pour anticiper les stratégies que ces ressources numériques permettent d'élaborer pour réaliser les tâches prescrites, ainsi que les stratégies efficientes, à savoir celles permettant aux élèves d'apprendre en autonomie (relation élève-savoir).

Figure 5 : le milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée*



2.5 Problématique

L'objectif de cette thèse consiste à définir un modèle pour la prise en compte de la question de l'appropriation dans la conception et l'analyse des usages de ressources numériques. La figure 6 montre que la question de l'appropriation d'une ressource numérique peut être abordée dès la conception des ressources numériques et lors de son usage, mettant en lien l'usage prescrit et réel. Nous connectons les dimensions « conception » et « usage » aux ressources numériques d'une façon itérative, comme celle figurée dans la figure 6 (page 50).

D'une part, nous partons du principe de la TAI selon lequel « la conception se poursuit dans son usage ». En ce sens, nous prenons de cette théorie l'idée que l'élève, en tant qu'utilisateur d'une ressource numérique, construit avec cet artefact un instrument d'apprentissage. A partir de cette *genèse instrumentale*, l'élève adapte les fonctionnalités de la ressource numérique à ses besoins, suscitant des usages non prévus par le concepteur. L'élève en tant qu'utilisateur de la ressource numérique, accommode ses schèmes d'usage à cet artefact, produisant de nouvelles significations. Ainsi, les nouveaux usages et les nouvelles significations produits par ce double processus d'instrumentation et d'instrumentalisation, sont susceptibles d'être utilisés pour enrichir la ressource lors d'un processus de réingénierie.

D'autre part, nous partons du principe de la TSD, selon lequel « la conception vise l'appropriation ». En ce sens, nous retenons de cette théorie l'idée qu'à travers un processus de dévolution, l'enseignant peut transférer la responsabilité de l'apprentissage à l'élève, pour qu'il apprenne en autonomie en s'adaptant au milieu didactique. Ainsi, l'appropriation d'une ressource numérique peut être analysée en repérant la façon dont les élèves répondent à ce transfert de responsabilité de l'apprentissage, à travers des décisions qu'ils prennent lors de l'activité d'apprentissage instrumentée par la ressource numérique.

Ainsi, nous abordons le problème de l'appropriation de ressources numériques du point de vue de la conception de la ressource, et du point de vue de son usage. Il s'agit d'un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation.

2.5.1 Les questions de recherche

En suivant ces deux principes, nous nous posons les questions suivantes :

- Comment l'appropriation d'une ressource numérique peut-elle être évaluée lors de son usage ?

Nous nous intéressons à l'évaluation de plusieurs éléments : la façon dont les élèves répondent au transfert de la responsabilité d'apprentissage que l'enseignant réalise à partir du processus de dévolution, en s'adaptant ou non au milieu didactique que l'enseignant leur a organisé pour qu'ils apprennent en autonomie (la tâche prescrite, et la ressource numérique et les stratégies possibles pour la réaliser). Et la façon dont les élèves construisent avec la ressource numérique mise à disposition pour réaliser la tâche prescrite, un instrument d'apprentissage, notamment le processus d'instrumentation (la construction des schèmes d'usage pour réaliser la tâche).

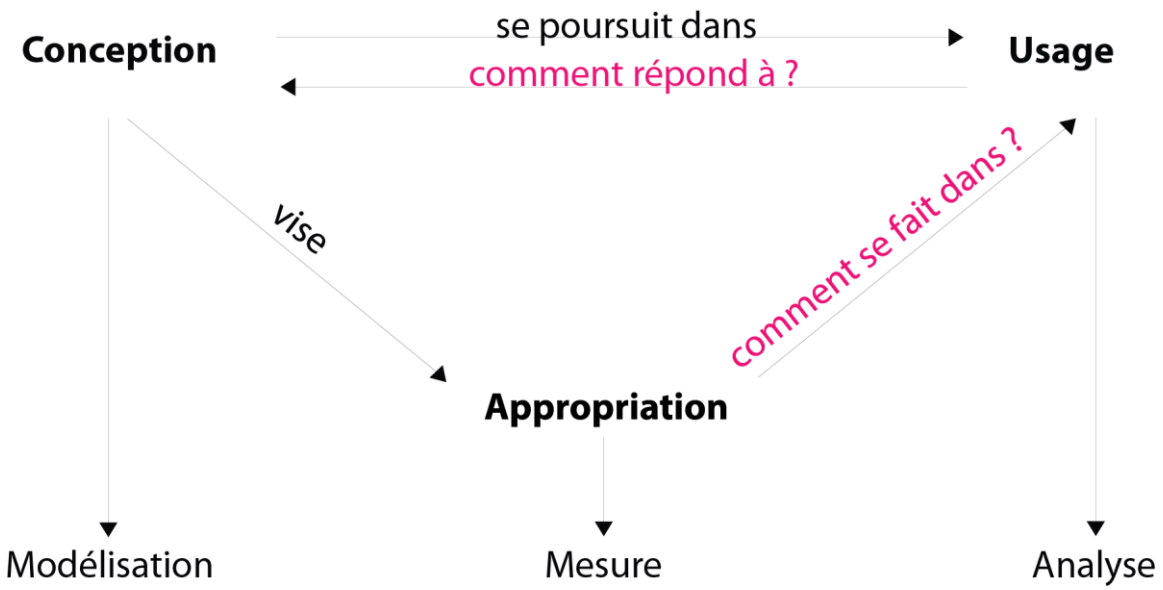
- Comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ?

Nous nous intéressons à l'élaboration d'outils pour l'accompagnement des enseignants lors des processus de conception itérative de ressources numériques, permettant la réingénierie de ces ressources à partir des schèmes d'usage produits par les élèves lors de la réalisation de la tâche. Nous visons à mettre en pratique la conception centrée sur l'utilisateur, ce qui contribue à l'apprentissage en autonomie.

- Comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse d'usages de ressources numériques basées sur l'appropriation ?

L'objectif de cette thèse est d'élaborer un modèle pour l'analyse de ressources numériques à grande échelle, en utilisant une méthodologie basée sur la *trace numérique d'interaction*[41] de l'activité d'apprentissage des élèves, et qui puisse être utilisé par des tiers.

Figure 6 : conception itérative visant l'appropriation



[41] « un enregistrement numérique d'événements temporellement situés, observés durant un processus interactif entre un agent humain ou artificiel et un environnement numérique » (Cordier et al. 2014)

2.5.2 Les hypothèses

Nous partons de trois hypothèses :

- les élèves s'approprient les ressources numériques au fur et à mesure que les enseignants réalisent la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée*. Cette appropriation peut être évaluée en analysant les réponses que les élèves donnent aux décisions prises par les concepteurs de la ressource visant la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée* ;
- les concepteurs de ressources numériques peuvent prendre en compte, lors de l'activité de conception, les schèmes d'usage que les élèves doivent développer pour réaliser les tâches prescrites. Les schèmes d'usage effectifs des élèves peuvent conduire les concepteurs de ressources numériques à remettre en perspective les variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée* correspondant à la conception initiale de la ressource, visant à favoriser l'appropriation de la ressource numérique par les élèves et favorisant la construction du savoir ;
- un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation peut permettre de produire tout un ensemble d'outils théoriques, méthodologiques et opérationnels, conduisant les chercheurs, les concepteurs et les praticiens à concevoir et utiliser des ressources numériques permettant aux élèves d'apprendre en autonomie.

2.5.3 Les objectifs

Pour construire un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation, et un modèle d'évaluation de l'appropriation basé sur l'analyse de traces numériques, nous précisons de :

- identifier les tâches qu'il est possible de prescrire à partir de la mise à profit des fonctionnalités techniques de la tablette (l'appareil informatique) ;
- structurer les éléments à prendre en compte pour réaliser la dévolution des *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette : l'organisation du milieu didactique : tâches, ressources et chemins possibles pour les réaliser (Une instanciation du modèle) ;
- identifier les indicateurs de l'appropriation à analyser et évaluer ;
- evaluer l'appropriation d'une ressource numérique pour démontrer le modèle proposé ;
- formaliser le modèle pour l'analyse à grand échelle.

2.6 Conclusions du chapitre

Pour comprendre ce chapitre, il faut d'abord comprendre ce que nous appelons *situation d'apprentissage instrumentée*. Comprendre que notre objectif est la définition d'un modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques visant leur appropriation par les élèves, et comprendre que nous cherchons une approche systémique nous permettant d'étudier l'intégration de la technologie à l'enseignement-apprentissage.

Nous avons décidé, dans cette thèse, de caractériser la façon dont la technologie s'intègre dans le système d'enseignement-apprentissage dont elle est insérée. C'est ainsi que nous avons décidé d'étudier les ressources numériques qui ont été conçues pour être utilisées avec la tablette, et par conséquent, la tablette comme un appareil informatique à insérer dans le système didactique, en vue d'étudier les effets que cette introduction produit dans l'interaction entre ses éléments : l'enseignant, l'élève et le savoir.

Nous considérons que l'apport des appareils informatiques à l'organisation d'un milieu didactique consiste dans les potentialités pédagogiques de leurs fonctionnalités techniques pour prescrire des tâches aux élèves. C'est ainsi que nous avons étudié et catégorisé les fonctionnalités de la tablette, et nous avons modélisé leur utilisation pour la conception de ressources numériques à utiliser comme instruments d'apprentissage dans des situations d'action où leur utilisation fait sens. C'est ce type de situations d'apprentissages que nous appelons une *situation d'apprentissage instrumentée*.

Il faut également comprendre quelques concepts clefs, ainsi que la façon dont ces concepts s'articulent dans la définition de notre modèle de conception et d'analyse de ressources numériques. Ces concepts sont : la ressource numérique, l'appropriation, et le milieu didactique. Nous articulons ces concepts à partir de la combinaison entre les principes théoriques et conceptuels des deux théories qui cadrent notre travail : la *théorie de l'activité instrumentée* (Rabardel, 1995) et la *théorie des situations didactiques* (Brousseau, 1998). La première combinaison vient de la mise en relation de deux principes théoriques :

- selon la TAI, nous pouvons affirmer que la conception d'une ressource numérique se poursuit dans son usage, car les élèves transforment dans l'usage l'artefact qui leur a été prescrit pour réaliser une tâche, quand ils construisent avec lui un instrument d'apprentissage à partir d'un processus de *genèse instrumentale* composée de deux processus : l'instrumentation, à travers laquelle émergent et évoluent les schèmes d'usage des élèves en respect de la ressource ; l'instrumentalisation, à travers laquelle les élèves personnalisent ou transforment l'artefact ;

- selon la TSD, la conception d'une ressource numérique vise son appropriation, car l'enseignant organise un milieu didactique pour que les élèves apprennent par adaptation (la tâche, les ressources et stratégies pour la réaliser), et ils l'accompagnent avec un processus de dévolution. L'enseignant transfère la responsabilité de l'apprentissage aux élèves pour qu'ils apprennent en autonomie en s'adaptant au milieu didactique.

La deuxième combinaison est celle qui nous a permis de construire le concept de ressource numérique. Souvenons-nous qu'une ressource numérique est l'ensemble des applications et documents numériques qu'un enseignant donne aux élèves pour réaliser des tâches d'apprentissage, et que cette ressource numérique a une dimension d'usage et une dimension prescriptive :

- la dimension d'usage d'une ressource numérique est celle qui, selon la TAI, nous permet de dire qu'une ressource numérique est en effet un artefact avec lequel les élèves construisent un instrument d'apprentissage ;

- la dimension prescriptive est celle à travers laquelle nous pouvons affirmer que la genèse de l'instrument se réalise dans un contexte. Selon la TSD, l'enseignant organise un milieu didactique antagoniste pour que les élèves apprennent par adaptation, en réalisant des tâches prescrites avec une ressource numérique et une série de stratégies que ce milieu didactique met à disposition.

La troisième combinaison est celle de l'appropriation d'une ressource numérique :

- la TAI nous permet de considérer comme appropriation le processus de *genèse instrumentale* qui se déroule dans la dimension usage de la ressource numérique ;

- selon la TSD, l'appropriation est la réponse des élèves au processus de dévolution, qui se déroule dans la dimension prescriptive de la ressource numérique. L'enseignant transfère la responsabilité de l'apprentissage aux élèves pour qu'ils apprennent en autonomie. Cette réponse est la façon dont les élèves explorent la ressource, construisent des stratégies pour réaliser la tâche et formulent les objectifs des stratégies construites.

  Ainsi, l'appropriation d'une ressource numérique peut être définie comme l'ensemble des schèmes d'usage que les élèves construisent, l'ensemble des transformations et personnalisations de l'artefact que les élèves produisent quand ils réalisent les tâches prescrites avec la ressource numérique mise à disposition. Ils répondent en même temps à la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée,* dans laquelle ils explorent la ressource numérique pour se familiariser avec, ils construisent des stratégies efficientes pour réaliser la tâche, et ils formulent les objectifs de leurs choix.

  En fonction de ce cette construction théorique, nous nous posons trois questions de recherche pour évaluer l'appropriation d'une ressource numérique, pour utiliser les résultats de cette évaluation dans la réingénierie de la ressource, et pour utiliser le modèle de conception et d'analyse de ressources numériques visant leur appropriation. Nous avons également défini les hypothèses de départ à partir de principes théoriques, en liant l'appropriation à la dévolution, les schèmes d'usage des élèves aux variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée*, et en mettant en évidence les outils théoriques et méthodologiques du modèle de conception et d'analyse de ressources numériques produits par cette thèse.

3 L'appropriation d'une ressource numérique : entre modélisation de la conception et analyse de l'usage

Verum ipsum factum

Giambattista Vico

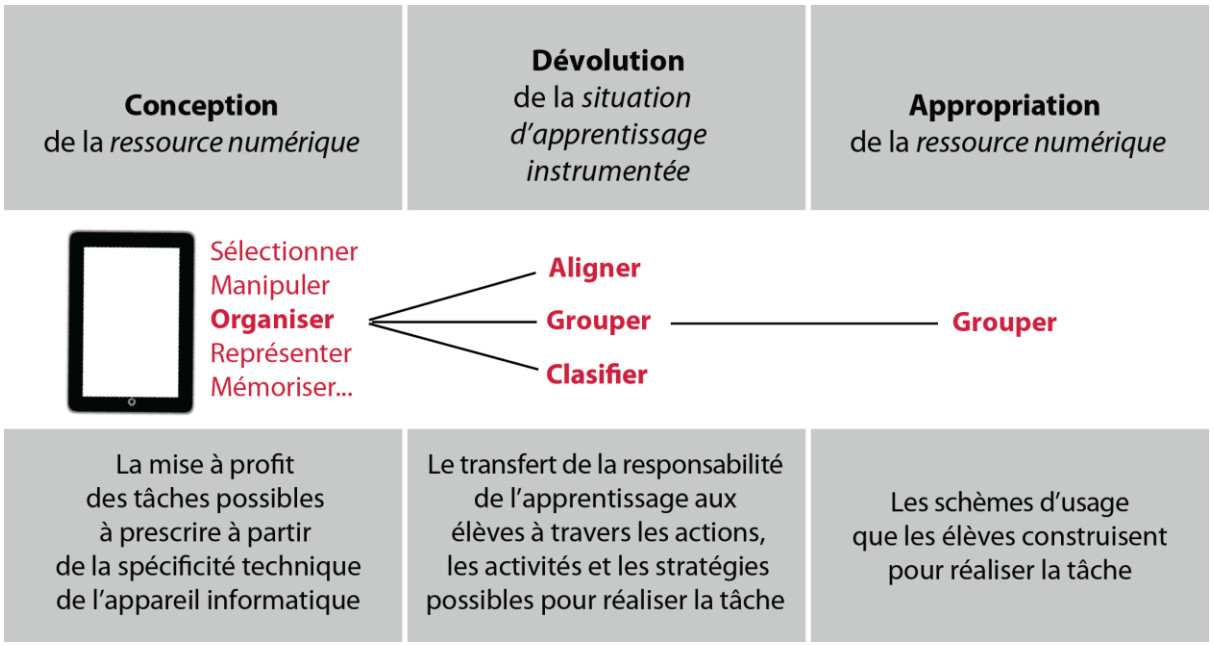
Dans ce chapitre, nous décrivons et justifions les décisions méthodologiques que nous avons prises. Ce chapitre est organisé par chacune des études menées. Dans la partie 3.1 nous structurons notre méthodologie pour répondre à nos questions de recherche à partir de deux démarches méthodologiques :

Dans la partie 3.2 nous avons modélisé le processus de conception des *situations d'apprentissages instrumentées* par la tablette, dans laquelle les tâches qu'il est possible de prescrire à partir des fonctionnalités techniques de cet appareil informatique sont mises en lien avec les possibles schèmes d'usage à construire pour les réaliser. Nous avons développé un jeu de cartes pour guider la conception de ressources numériques visant leur appropriation par les élèves. Ce jeu de cartes a été utilisé par deux groupes de concepteurs lors de deux séances de conception de ressources numériques. Avec ces deux expérimentations, nous avons d'une part optimisé le jeu de cartes, et d'autre part, nous avons vérifié sa pertinence en tant qu'outil d'appui à la conception de ressources numériques.

Dans la partie 3.3 nous avons mené une étude de cas pour construire la méthodologie d'analyse de l'usage afin d'évaluer l'appropriation de ressources numériques à travers la *trace numérique d'interaction* des élèves avec la ressource. Nous avons suivi l'activité d'apprentissage d'une classe avec le jeu MTAT, à travers l'analyse de la *trace numérique d'interaction*. A la fin de ce chapitre dans la partie 3.4, nous décrivons les aspects éthiques qui ont encadré ce travail de recherche.

Dans la figure 7 (page 55), nous exemplifions le contexte dans lequel notre méthodologie s'inscrit, en mettant en lien les dimensions « conception » et « dévolution » de l'appropriation. Les deux premières colonnes de la figure 7 (page 55) correspondent à l'activité de conception par l'enseignant, des ressources numériques à utiliser dans le contexte des *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette. Dans la première colonne, nous décrivons quelques tâches qu'il est possible de prescrire en utilisant quelques fonctionnalités techniques de la tablette. Pour des objectifs d'exemplification, nous allons supposer que parmi les 5 tâches disponibles, le concepteur d'une ressource numérique « X » a décidé de prescrire aux élèves la tâche « Organiser », pour les conduire à énumérer des objets graphiques disponibles sur l'écran de la tablette.
Pour organiser les objets, les élèves peuvent construire trois stratégies : les aligner à l'horizontale ou à la verticale pour les énumérer ; les grouper les déplaçant au fur et à mesure qu'ils les énumèrent ; ou les classer soit par taille, couleur, forme ou texture. La colonne centrale de la figure 7 montre la structure de la ressource numérique « X » que nous utilisons pour exemplifier notre démarche méthodologique. L'activité correspond à énumérer les objets graphiques sur l'écran de la tablette, l'action correspond à déplacer les objets graphiques pour les organiser, et les stratégies possibles correspondent à aligner, grouper et classer les objets graphiques. La dernière colonne de la figure 7 (page 55) correspond à la démarche méthodologique « analyse de l'usage » concernant l'appropriation de la ressource par l'élève en termes d'instrumentation. Ici nous exemplifions le schème d'usage que les élèves construisent (le schème d'action instrumentée « Grouper »), en choisissant parmi les stratégies possibles, celle qui a convenu à l'élève.

Figure 7 : schéma des dimensions étudiées, pour la modélisation de la conception, et de l'analyse de l'usage de ressources numériques, concernant l'appropriation en termes de processus d'instrumentation



C'est ainsi que nous pouvons caractériser le processus de conception d'une ressource numérique *:* en prenant en compte son appropriation. La conception est considérée comme un processus de prescription de tâches à partir de l'utilisation des fonctionnalités techniques de l'appareil informatique (la tablette). La dévolution est le transfert de la responsabilité de l'apprentissage aux élèves, en structurant la *situation d'apprentissage instrumentée* à partir des activités, actions et stratégies qu'il est possible d'élaborer pour réaliser la tâche.
L'appropriation est traduite comme étant le processus d'instrumentation où a lieu la construction des schèmes d'usage par les élèves, pour résoudre la tâche prescrite par l'enseignant. Et le processus d'instrumentalisation comme la personnalisation ou transformation de l'artefact par les élèves afin de l'adapter à leurs besoins, à travers la sélection, le regroupement, la production et l'institution de fonctions, ou le détournement et l'attribution de propriétés.

En ce qui concerne l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT, nous avons notamment analysé l'instrumentation, puisque le processus d'instrumentalisation nous a permis de noter uniquement la sélection et le regroupement, car le jeu ne permettait pas aux élèves de produire de nouvelles fonctions, et la situation d'apprentissage ne permettait pas de détourner l'usage du jeu, ni d'attribuer de nouvelles propriétés. En effet les règles du jeu et le temps dont les élèves disposaient pour réaliser la tâche, ne leur ont pas donné la possibilité d'utiliser la ressource numérique différemment par rapport à la consigne donnée.
La prescription de tâches aux élèves par l'enseignant se réalise à travers l'organisation du milieu didactique qui comprend la tâche (organiser), la ressource numérique (l'application qui permet à l'élève de manipuler les objets sur l'écran de la tablette) et les stratégies possibles (aligner, grouper et classifier). Ce milieu didactique permet aux élèves de travailler de manière autonome, leur permettant d'explorer l'application, d'identifier les actions possibles (dans l'exemple : aligner, grouper et classifier), de faire des choix (dans l'exemple : grouper), et de formuler l'objectif pour lequel ils ont construit un schème d'usage (dans l'exemple : grouper les objets). Ainsi, la réponse de l'élève à la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée* est son appropriation ou non de la ressource numérique.

Cette appropriation ou non appropriation peut donner des pistes aux concepteurs pour remettre en perspective la réingénierie de la ressource visant l'apprentissage de l'élève. L'apprentissage est conduit en faisant coïncider les stratégies construites par l'élève pour réaliser la tâche, avec les stratégies qui permettent à l'élève d'apprendre (les stratégies efficientes). C'est ainsi que les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent conduire l'enseignant à modifier les variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée*.

3.1 Vers la construction des indicateurs de dévolution et d'appropriation

Nous avons analysé une simulation informatique qui s'utilise avec la tablette, et permet de mettre les élèves en situation de représenter les différents circuits électriques. Cette analyse nous à permis de simplifier le modèle d'appropriation que nous avons décrite dans le chapitre 2 (page 35), le reduisant à trois niveaux. Et de définir la façon de capturer les données. Les élèves représentent les circuits en les designant avec les outils et symboles mis à disposition par la ressource numérique. A la fin de chaque séance d'apprentissage les élèves sont conduits à répondre un questionnaire. Nous avons enregistré l'activité d'apprentissage d'un trinome d'élèves à travers de la vidéo.

Cette ressource numérique a été conçue par un enseignant de physique du collège Georges Seurat à Courbevoie. Nous avons observé un trinôme d'élèves lors d'une séance d'une heure, dans le cadre d'un cours d'électrocinétique en 5ème, composé de 25 élèves de 11 ans, en utilisant une application sur tablette leur permettant de schématiser des circuits électriques. A partir de cette expérience, nous avons pris conscience du besoin d'analyser une ressource numérique ayant un niveau de développement pédagogique et technique avec lequel il est possible de faire une analyse *a priori* pour saisir sa structure. Cela nous a conduits à changer le terrain d'expérimentation pour la suite. Nous décrivons plus bas le contexte de cette étude.

3.1.1 La *situation d'apprentissage instrumentée*

Dans la séance que nous avons observée, l'enseignant attendait que les 25 élèves de la classe interprètent, à l'aide d'une simulation informatique mise à disposition, les phénomènes liés à la réalisation d'un circuit fermé avec une lampe et une pile, et la mise en place d'un court-circuit avec de la limaille de fer (voir figure 8, page 57). La séance a commencé par une explication de l'enseignant, à propos des circuits électriques, ainsi qu'une démonstration du fonctionnement d'un court-circuit avec un modèle réel. Puis l'enseignant a donné la consigne de la tâche aux élèves, qui immédiatement se sont mis en trinômes pour réaliser la tâche avec la tablette. Le trinôme d'élèves que nous avons suivi lors de cette étude a respecté les règles et ses membres ont pu travailler en équipe. La séance a consisté à réaliser deux types d'activités :

- construire des schémas pour représenter différents types de circuits (CS) ;
- répondre à un questionnaire pour formuler le savoir construit (RQ).

L'ensemble des actions de l'activité CS est destiné à construire le savoir. Les types de circuits à utiliser dans chaque cas ne sont pas donnés dans la consigne. Voici les actions :

- construire le schéma du circuit permettant à une lampe de briller et dessiner en bleu, avec un crayon numérique, la boucle qui représente le chemin parcouru par le courant électrique ;

- réaliser le même schéma avec les symboles correspondants à l'analogie du coureur ;
- représenter la chaîne de distribution de l'énergie électrique des deux schémas construits ;
- réaliser un troisième schéma en ajoutant un fil aux bornes de la pile ;
- réaliser le schéma du coureur en dessinant en bleu le chemin le plus facile à parcourir par le coureur ;
- représenter la chaîne de distribution de l'énergie des deux schémas construits.

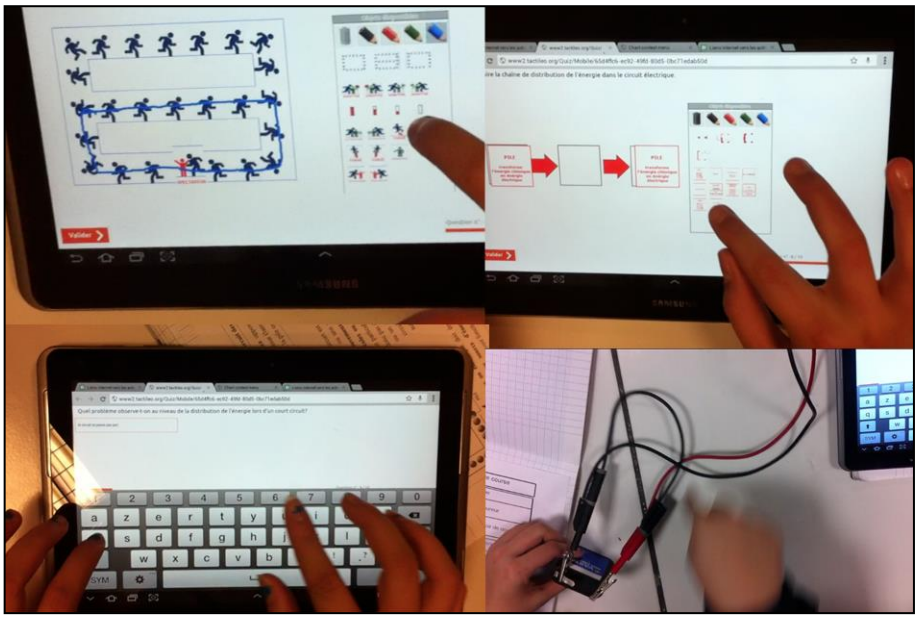
Les actions de l'activité RQ sont destinées à déduire le fonctionnement du court-circuit en répondant à la question : « Quel problème observe-t-on au niveau de la distribution de l'énergie lors d'un court-circuit d'après vous ? »

3.1.2 La ressource numérique

Il s'agit d'une application contenant une interface intégrant trois types d'éléments : des consignes, une zone de travail dans laquelle les élèves mobilisent les éléments graphiques pour représenter les circuits électriques, et une boîte à outils depuis laquelle les élèves peuvent sélectionner les éléments graphiques pour représenter les circuits : les types de circuits, la charge de la pile, le courant électrique, etc. Les élèves peuvent également représenter les outils pour ajouter ou effacer ces éléments, changer de couleur, etc. Ils répondent à la consigne en construisant des schémas pour représenter des circuits avec les symboles et les outils disponibles dans la boîte à outils. La boîte à outils n'est pas personnalisable. Les élèves n'ont pas la possibilité d'ajouter de nouvelles fonctions à la ressource, ni de contenus, ni d'actualisations, ni de logiciels complémentaires.

Une fois que les élèves ont répondu à une consigne, ils valident le schéma produit et passent à la consigne suivante. Une fois qu'ils ont fini de représenter les schémas demandés, ils répondent au questionnaire. Une fois les réponses du questionnaire validées, ils reçoivent de la ressource un rapport de leur activité (Voir figure 8). Les élèves mobilisent les objets graphiques avec les doigts, en les déplaçant sur l'écran tactile de la tablette. Ils n'utilisent pas de souris ni de stylo. Pour répondre au questionnaire, ils utilisent le clavier tactile.

Figure 8 : Simulation en électrocinétique



3.1.3 Méthodologie suivie

3.1.3.1 Collecte des données

Notre objectif était de mettre en lien la dévolution (opérée par l'enseignant), et la façon dont le trinôme d'élèves suivi s'est approprié la ressource. En identifiant les fonctionnalités de la tablette utilisées par l'enseignant concepteur et par les élèves d'une façon exploratoire (ce qui signifie que plutôt que d'avoir des indicateurs très précis de la dévolution par l'enseignant de la *situation d'apprentissage instrumentée* et de l'appropriation par les élèves de la ressource numérique, ce qui nous intéressait était de pouvoir commencer à les définir).

Les indicateurs de la dévolution sont définis à partir du modèle de dévolution de cinq étapes proposé par Brousseau (2010). Les indicateurs de l'appropriation des ressources numériques par les élèves sont définis selon le modèle à cinq niveaux proposé par Goncalves (2013) (voir tableau 1, page 22). Ces indicateurs sont recherchés dans la trace audiovisuelle de l'activité d'apprentissage du trinôme suivi, lors de la réalisation des tâches d'apprentissage instrumentées par la ressource. Et ils sont identifiables dans les verbalisations des élèves lors de la réalisation de la tâche. Une caméra placée au-dessus des élèves nous a permis de récupérer l'information verbale et leurs interactions avec la ressource. En suivant la vidéo, nous avons cherché à identifier des indicateurs pour chacun des cinq niveaux d'appropriation proposés par Goncalves 2013).

3.1.3.2 L'objet de l'analyse

Nous précisons les indicateurs des étapes de dévolution à identifier dans l'activité de conception des enseignants (voir tableau 3, page 36). Nous avons construit ces indicateurs à partir de l'observation de la mise en place d'une situation d'apprentissage instrumentée par une simulation en physique. Nous avons formalisé les étapes de dévolution à travers un processus de catégorisation et généralisation, exemplifié pour chacun des indicateurs. A partir de ces indicateurs, nous avons identifié les potentialités des fonctionnalités de la tablette que l'enseignant concepteur de la simulation en physique objet de cette étude, a utilisées ou négligées dans la conception de cette simulation pour représenter des circuits électriques (voir tableau 5, page 47).

Ces grilles indiquent les faiblesses et les forces de la ressource numérique analysée, pour instrumenter l'apprentissage en autonomie. Nous précisons également les indicateurs de l'appropriation de ressources numériques selon le modèle de Gonçalves, à identifier dans l'activité d'apprentissage des élèves (Tableau 4, page 37), que nous avons repérés en observant le déroulement de l'activité du trinôme d'élèves suivi dans cette étude. A partir de ces indicateurs, nous avons identifié les propriétés de la ressource numérique que le même trinôme d'élèves suivi a utilisées ou négligées lors de son activité d'apprentissage instrumentée par la simulation en physique (voir tableau 6, page 59).

Tableau 6 : les indicateurs de la dévolution de la situation d'apprentissage à travers la ressource numérique

Etapes de dévolution	Indicateur de dévolution
Approche purement ludique	Tout ce que l'enseignant a prévu pour que les élèves explorent : une séance d'exploration, des tutoriels, aides…
Dévolution d'une préférence	Tout ce que l'enseignant a prévu pour que les élèves comprennent la tâche : des consignes, les menus des actions, les outils pour rectifier…
Dévolution d'une responsabilité et d'une causalité	Tout ce que l'enseignant a prévu pour que les élèves prennent conscience des effets des actions à partir des expériences précédentes : les rapports, les historiques, les scores…
Dévolution d'une anticipation	Tout ce que l'enseignant a prévu pour permettre aux élèves d'établir la relation entre action et résultat avant de prendre une décision : les alertes, les cartes…
Dévolution d'une situation	Tout ce que l'enseignant a prévu pour permettre aux élèves de reproduire les anticipations à volonté dans des circonstances variées : des examens, des présentations, des comptes rendus…

Tableau 7 : les indicateurs de l'appropriation, selon Gonçalves (2013)

N. d'appropriation	Indicateur de l'appropriation
Accepter	La mise à profit des éléments mis à disposition par l'enseignant ou les difficultés que les élèves ont rencotrées pour se familiariser avec la ressource
Tester	La mise à profit des éléments mis à disposition par l'enseignant ou les difficultés que les élèves ont trouvées pour comprendre la tâche
Faire des choix	La mise à profit des éléments mis à disposition par l'enseignant ou les difficultés que les élèves ont retrouvées pour prendre conscience des effets des actions
Anticiper	La mise à profit des éléments mis à disposition par l'enseignant ou les difficultés que les élèves ont trouvées pour repérer les rapports entre actions et résultats
Maîtriser	La mise à profit des éléments mis à disposition par l'enseignant ou les difficultés que les élèves ont trouvées pour catégoriser les problèmes et anticiper les résultats

3.1.4 L'outil final

Des grilles à trois colonnes (voir tableaux 8 et 9, pages 61 et 62) permettent de mettre en lien la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée* et l'appropriation de la ressource numérique avec les potentialités des fonctionnalités de la tablette. Cela nous permet de voir par étape de dévolution et par niveau d'appropriation, quelles potentialités de la ressource ont été mises à profit par le concepteur de la ressource numérique (noir sur blanc) et quelles autres potentialités peuvent l'être (blanc sur noir). Ces grilles indiquent les faiblesses et les forces de la ressource numérique analysée, pour instrumenter l'apprentissage en autonomie.

Dans le tableau 8 (page 61), nous repérons ce que la ressource offre (cases blanches) ou non (cases grises) aux élèves en termes de dévolution. Dans les cases signalées en gris, nous mettons en évidence ce que nous avons repéré en termes de difficultés. Par exemple, dans les colonnes centrale et droite, nous pouvons voir qu'il y a des difficultés dans les trois dernières étapes de dévolution « Dévolution d'une responsabilité et d'une causalité », « Dévolution d'une anticipation » et « Dévolution d'une situation ». Nous pouvons observer les difficultés qu'ont rencontrées les élèves lors de la réalisation de la tâche, concernant les trois dernières étapes de dévolution. Nous pouvons observer que dans la troisième et quatrième étape, la ressource ne donne pas de retour aux élèves une fois qu'ils ont fini une action, ni l'accès aux résultats de leurs actions précédentes pour qu'ils puissent anticiper des solutions aux problèmes rencontrés à partir des actions déjà réalisées. Ceci s'explique par le fait que la simulation n'est pas assez développée pour permettre aux élèves de réaliser ces actions. Ces difficultés sont en lien avec les rétroactions du milieu didactique nécessaires pour conduire les élèves à apprendre en autonomie.

Dans le tableau 9 (page 62), nous repérons les opportunités (cases blanches) et difficultés rencontrées (cases grises) par les élèves en termes d'appropriation (colonne centrale) et la fonctionnalité de la ressource liée à cette potentialité ou difficulté (colonne de droite). Nous pouvons identifier des difficultés dans les niveaux d'appropriation « accepter », « faire des choix » et « anticiper ». Les résultats portent sur les difficultés rencontrées dans l'utilisation de la ressource numérique, notamment concernant la communication de la consigne (niveau d'appropriation « accepter »), la manipulation des objets tactiles (niveau d'appropriation « faire des choix »), et l'absence d'un moyen permettant d'accéder facilement aux schémas réalisés. Cela entraîne des difficultés pour les élèves dans la prise de décisions collectives (niveau d'appropriation « anticiper »).

Tableau 8 : Les étapes de dévolution

Étapes de dévolution	Indicateurs de dévolution	Potentialités de la ressource
Approche purement ludique	Séance dédiée à l'exploration	Pas de tutoriel, ni d'aide ni de guide pour aider
Dévolution d'une préférence	Possibilité de construire plusieurs types de circuits	Des outils pour refaire, défaire ou effacer les circuits construits
Dévolution d'une responsabilité et d'une causalité	Les retours une fois la tâche terminée	Pas de rapports pour les actions optimales ni pour les erreurs
Dévolution d'une anticipation	Les résultats sur les actions précédentes pour anticiper des solutions aux problèmes suivants	Pas d'accès aux schémas précédemment représentés
Dévolution d'une situation	Situation basée sur la discussion - argumentation, pour exposer des points de vue aux partenaires	Pas assez développées pour représenter visuellement et historiquement, ni pour formuler les savoirs construits ou en construction

Tableau 9 : Les niveaux d'appropriation

Niveaux d'appropriation	Indicateurs de l'appropriation	Potentialités de la ressource
Accepter	Les élèves ne repèrent pas la consigne Elève 3 : « *mais lis la consigne d'abord, un fil a été ajouté* »	La consigne n'occupe pas une place centrale au début de l'activité, pour retenir l'attention des élèves
Tester	Les élèves ont compris que comme un fil a été ajouté, il fallait sélectionner un autre schéma Elève 1 *: « attends ! ce n'est pas comme ça (en sélectionnant le schéma du circuit fermé) »* Elève 3 *: « pour moi il faut ajouter un fil »* Elève 1 *: « oui parce qu'il y a un truc qui a été ajouté. Je pense que c 'est ça (en sélectionnant le circuit en série) »* Elève 3 *: « quand on ajoute un fil pour moi il ne passe pas par la lampe ».* Elève 1 *: « ah oui, il passe que par la pile »*	Un élève dessine un trait pendant que l'autre change le schéma, cette action simultanée (multitouch) favorise la discussion
Faire des choix	Les élèves rencontrent des contraintes dans l'action pour prendre des décisions	Les élèves ont des difficultés pour identifier les symboles et manipuler les objets tactiles
Anticiper	Les élèves discutent et se demandent s'il y a un ou deux fils de plus. Le fait qu'il n'y ait qu'un fil engendre la compréhension de l'idée que l'énergie revient à la pile. Mais ils ont du mal à se faire comprendre entre eux. Elève 1 *: « j'ai compris parce que regarde (se servant du circuit réel pour expliquer) quand on fait ça (en connectant un des bouts du fil supplémentaire à une des bornes de la pile) ça marche parce que, même si ça vient là, l'énergie elle part quand même. Et par contre quand tu fermes là (en connectant l'autre bout du fil à la borne de la pile) »* Elève 3 *: « elle revient à la pile »*	Les élèves négligent la simulation et se servent du circuit réel pour instrumenter la réflexion, la seule propriété de la ressource utilisée est l'espace pour écrire la réponse à la question posée
Maîtriser	Les élèves ont pu formuler le savoir construit en répondant au questionnaire « *Comme un câble a été ajouté, le circuit se ferme et l'énergie revient à la pile* »	Le questionnaire a instrumenté la formulation

3.2 Modéliser la conception de ressources numériques pour offrir aux enseignants des outils d'appui à la conception

Nous décrivons ici la méthodologie que nous avons mise en œuvre pour modéliser la conception de ressources numériques. Nous parlons ici de « modélisation », dans le sens de formaliser l'apprentissage instrumenté comme un processus technico-didactique, afin de disposer d'un outil conceptuel et méthodologique (un jeu de cartes pour la conception de ressources numérique et une méthodologie pour prendre en compte l'appropriation d'une ressource numérique dans sa conception). Les travaux décrits dans cette partie visent ainsi à développer un outil d'appui à la conception qui traduise ce que nous avons expliqué avec la figure 6 :

- la spécificité technique de l'outil informatique : les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette et les schèmes d'utilisation envisageables pour les effectuer ;
- la structure de la ressource numérique, objet de la conception et de l'analyse :
    - les activités et actions qui composent la tâche ;
    - les stratégies possibles et optimales que la ressource numérique permet d'élaborer pour réaliser la tâche.

Les études menées visant à modéliser la conception s'appuient sur différents aspects et acteurs du projet Tactiléo, nous les explicitons ci-dessous :

1) nous décrivons tout d'abord une étude transversale visant à identifier la multifonctionnalité technique de la tablette, en analysant la façon dont les équipes de conception du projet Tactiléo utilisent les fonctionnalités de la tablette pour prescrire des tâches aux élèves, lors de la conception ressources numériques. Cette étude vise à répondre à la question « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de l'appropriation de ressources numériques ? ». Avec cette étude nous cherchons à identifier les éléments d'une ressource numérique dans laquelle les concepteurs peuvent modifier les variables didactiques pour favoriser son appropriation par les élèves et la construction du savoir. Nous avons pu identifier les tâches que les fonctionnalités de la tablette permettent de prescrire aux élèves, pour les mettre à profit lors de la conception de ressources numériques en fonction des niveaux d'appropriation que l'on souhaite favoriser. Cela a été effectué à partir de l'analyse des réponses des équipes de conception à un questionnaire qui interrogeait les équipes de concepteurs du projet Tactiléo sur les opportunités et les difficultés rencontrées pour prescrire des tâches mettant à profit les fonctionnalités de la tablette ;

2) nous décrivons ensuite une étude visant à mettre en lien les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, avec les schèmes d'utilisation à construire par les élèves pour effectuer ces tâches. Nous avons développé un jeu de cartes pour la conception qui met en lien ces tâches et ces schèmes d'utilisation. Nous avons également suivi deux équipes de conception du projet Tactiléo : l'une impliquée dans la conception d'une ressource numérique permettant aux élèves de construire l'histoire à partir d'un musée virtuel, par une équipe interdisciplinaire d'enseignants concepteurs ; l'autre impliquée dans la conception d'une ressource numérique permettant la géolocalisation des faciès paléogéographiques en sciences de la vie et de la Terre, par une équipe de concepteurs composée

d'enseignants, d'informaticiens et de chercheurs. Avec cette étude nous avons observé l'activité de conception de la ressource numérique, et nous avons collecté les retours des concepteurs, en comparaison avec ce que les éléments disponibles dans le jeu de cartes leur ont apportés ou leur ont rendus difficile de faire. L'objectif était de confirmer si ces éléments représentaient véritablement une aide à la conception et à l'utilisation des fonctionnalités de l'appareil informatique choisi (la tablette) pour la prescription de tâches instrumentées, et de considérer les niveaux d'appropriation des ressources numériques par les élèves, pour favoriser la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumenté* ;

3) Finalement nous menons une analyse *a priori* pour identifier la structure du jeu MTAT développé par l'une des équipes de conception du projet Tactiléo. Cette analyse est devenue un aspect important de notre méthodologie, pour pouvoir identifier les stratégies en lien avec le développement du savoir visé et les stratégies gagnantes que la ressource permet aux élèves d'élaborer pour réaliser la tâche. Ces stratégies représentent les aspects variables du modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques que nous proposons ;

3.2.1 Un questionnaire, pour identifier les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette

Nous cherchons à modéliser les éléments du milieu didactique à prendre en compte lors de la conception de ressources numériques, pour valoriser l'appropriation des ressources par les élèves et l'apprentissage par adaptation au milieu didactique. Nous avons conçu un questionnaire destiné aux équipes de conception du projet Tactiléo. Cette étude nous permet de répondre à la question « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques ? » pour pouvoir modéliser des *situations d'apprentissage instrumentées* par la tablette. Au sein du projet Tactiléo, quatre groupes distincts d'enseignants et de chercheurs (groupes de conception) conçoivent des *situations d'apprentissage instrumentées* mobilisant des tablettes. Deux enseignants du primaire et seize enseignants du secondaire de sciences de la vie et de la Terre (SVT), sciences physiques et chimiques (SPC), mathématiques et histoire-géographie, sont impliqués.

Notre étude inclut la totalité des groupes de conception du projet, car leur nombre était assez réduit. Nous avons interrogé ces groupes de conception sur les utilisations des fonctionnalités des tablettes, qu'ils ont mises en œuvre dans le processus de conception de situations d'apprentissage et dans leurs expérimentations en classe (expérimentations que nous n'avons pas suivies). Nous avons analysé les opportunités et les difficultés qu'ils ont identifiées concernant ces utilisations, à partir d'un corpus obtenu via un questionnaire en ligne à remplir par les concepteurs. Nous avons retenu de ce questionnaire quatre questions principales de nature ouverte :

- qu'est-ce que permis de faire les tablettes et qui n'aurait pas été possible sans tablettes ?

A travers cette question, nous visons à identifier les opportunités que les concepteurs de ressources numériques questionnés ont rencontrées avec les fonctionnalités techniques de la tablette pour la prescription de tâches ;

- qu'est-ce que cela a apporté aux élèves ?

Cette question avait pour objectif de repérer les potentialités que les concepteurs de ressources numériques questionnés ont identifiées parmi les fonctionnalités de la tablette pour favoriser l'instrumentation de l'apprentissage des élèves ;

- quelles difficultés ai-je identifiées en travaillant en classe avec des tablettes ?

Cette question visait à retenir les aspects gênants que les concepteurs de ressources numériques interrogés ont identifiés en instrumentant, avec la tablette, l'apprentissage des élèves ;

- qu'est-ce qui est identifié pour pouvoir travailler avec des tablettes, mais que je n'ai pas mis en œuvre cette année pour différentes raisons ?

Les données ainsi obtenues ont permis d'identifier la mise en valeur des fonctionnalités de la tablette, leur adéquation aux activités menées, les hypothèses concernant d'éventuelles améliorations des apprentissages, et les expériences reconnues comme des difficultés. Ces informations auraient été difficiles à obtenir à partir de descriptions des scénarios, car l'information présente est succincte. Alors que cette information peut être plus riche en details, si on l'obtient à partir des anecdotes racontées par les enseignants quand ils répondent aux questions du questionnaire.
Les réponses de ces groupes de conception ont été analysées selon les différentes dimensions du cadre construit à partir de la revue bibliographique sur les fonctionnalités de la tablette (voir tableau 2, page 25).

Nous avons repéré notamment les fonctionnalités utilisées ou celles qui ont donné du sens à l'activité de conception de l'enseignant. Nous les avons catégorisées selon les dimensions décrites dans le chapitre 2 (manipulation, communication et traitement de données d'un côté ; multifonctionnalité, mobilité, et interopérabilité d'un autre côté) pour repérer celles qui ont été mises à profit ou négligées.

Par exemple : le groupe géomatique, qui a élaboré des séances de type « classes de terrain en géologie et/ou géographie », s'est servi de la mobilité de la tablette pour capturer des données sur le terrain, de la connectivité pour accéder à des ressources et des applications en ligne, et de la géolocalisation pour le repérage dans l'espace (à condition de disposer d'une connexion ou d'avoir téléchargé préalablement les fonds de cartes nécessaires). Ce groupe souligne l'intérêt de disposer, dans une tablette transportable, de « la totalité des outils de capture d'informations et de prise de note ». Ainsi, « sur le terrain, l'outil tablette est avantageux car c'est un couteau suisse numérique ». Il met en relation cet aspect avec la possibilité d'obtenir une certaine autonomie des élèves sur le terrain. Le groupe Sciences au primaire, qui a travaillé sur différentes situations pour l'enseignement de la biologie, a exploité l'interopérabilité pour le travail collaboratif. Il relève également que les tablettes tactiles permettent de « se déplacer facilement et d'échanger au sein d'un groupe, entre groupes, entre les classes, à l'extérieur ». Le groupe mentionne également l'intérêt de capturer et d'éditer des données multimédia pour réaliser « des schémas propres, clairs, annotés, gommés, les compléter, les modifier » et la traçabilité qui permet aux élèves de « réviser, souligner les fautes ». Ainsi, « on ré-mobilise facilement les écrits »

A partir du même corpus, nous avons également repéré les tâches que les fonctionnalités utilisées par les concepteurs permettaient de prescrire aux élèves. Les tâches repérées ont été également catégorisées. Cette catégorisation nous a permis d'introduire de nouveaux éléments jusqu'à pouvoir composer un répertoire stable de tâches possibles à prescrire avec la tablette. (Voir tableau 25, page 119). Ce qui nous intéressait était d'avoir un répertoire de tâches à mettre à disposition des enseignants dans les processus de conception de ressources numériques. En effet, c'est à travers la prescription de tâches, que les enseignants mettent à profit les fonctionnalités techniques de l'appareil informatique dans les scénarios d'apprentissage.

3.2.2 Mise en expérimentation exploratoire d'un jeu de cartes pour la conception, visant à vérifier sa pertinence comme outil

Dans le cadre de cette thèse, nous avons conçu un jeu de cartes d'appui à la conception de ressources numériques. Ce jeu a été structuré à partir de niveaux d'appropriation, de tâches possibles à prescrire, et de la construction de schèmes d'utilisation à provoquer, pour favoriser l'appropriation de la ressource numérique par les élèves, dans les séances de conception transdisciplinaires (Nicolescu, 2002). Nous faisons l'hypothèse, que disposer de ce jeu de cartes pour la conception peut aider aux concepteurs, d'une par à mettre à profit les potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques de la tablette pour prescrire des tâches aux élèves, et d'autre part à favoriser les niveaux d'appropriation de la ressource par les élèves. Nous avons mis ce jeu de cartes en utilisation par deux groupes de concepteurs de ressources numériques du projet Tactiléo.
Nous cherchons à répondre aux questions de recherche « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques ? » et « comment les résultats de l'analyse de l'appropriation peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ? »
En ce sens, la prise en compte des tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, et des schèmes d'utilisation qu'il est possible de construire pour les réaliser, peuvent être considérés lors de la conception de la ressource numérique (lors de son ingénierie), pour viser l'appropriation de la ressource par les élèves et l'apprentissage. Nous mettons à l'épreuve ces hypothèses dans deux études de cas.

Nous avons mis en expérimentation ce jeu de cartes pour la conception de ressources numériques, lors de deux séances de conception au sein de deux groupes de conception du projet Tactiléo. Le premier groupe était composé de quatre enseignants concepteurs de différentes disciplines (sciences de la vie et de la Terre, mathématique, physique-chimie et Histoire-géographie) du Lycée Madame de Staël à Saint-Julien en Genevois. Le deuxième groupe était une équipe composée de cinq informaticiens, trois enseignants concepteurs de sciences de la vie et de la Terre et deux chercheurs. Ces expérimentations nous ont également permis de faire des modifications dans le jeu de cartes jusqu'à obtenir une version stable. Nous documentons ci-dessous ces expérimentations, d'abord en expliquant le jeu et puis en les décrivant.

3.2.2.1 Le jeu de cartes mis en expérimentation, dans sa version stabilisée

Nous nous sommes inspirés d'un jeu de cartes destiné aux séances de conception (Serna, Tabard, & Emin-Martinez, 2015). Le jeu de cartes JEN.Cards[42], est un outil qui favorise la structuration, l'animation et l'accompagnement de séances de conception collaboratives de jeux épistémiques. A partir de ce jeu, (Serna et al., 2015) ont montré l'intérêt du caractère tangible d'un jeu de cartes pour développer la créativité des concepteurs, mobiliser leur savoir-faire, les amener à explorer différentes dimensions de l'espace de conception et encadrer leur activité.

Notre jeu, au-delà de permettre la définition des objectifs d'apprentissage, permet également de rendre dispoibles les différentes dimensions d'une *situation d'apprentissage instrumentée* (point 2.4). Ce jeu de cartes permet ainsi la conception collaborative de ressources numériques en prenant en compte l'influence de la tablette (qui sert de support à l'activité d'apprentissage de l'élève) dans le système didactique, ainsi que les effets de cette introduction sur les rapports entre les éléments de ce triangle :

- prise en compte de la relation Enseignant-Savoir : la possibilité de définir des tâches qui pourront être prescrites et des schèmes d'utilisation possibles pour les réaliser (à partir de la potentialité pédagogique des fonctionnalités techniques de la tablette) ;
- prise en compte de la relation Elève-Savoir : la possibilité de définir la façon dont l'élève apprend en s'adaptant aux rétroactions du milieu didactique ;
- prise en compte de la relation Enseignant-Elève : la possibilité de définir la façon dont la *dévolution* de la *situation d'apprentissage instrumentée* va permettre à l'élève de s'approprier la ressource numérique mise à sa disposition pour réaliser la tâche (en favorisant les niveaux d'appropriation).

Ce jeu de cartes d'appui à la conception a été conçu d'une façon notamment empirique, motivée pour le besoin de concrétiser un système, qui mettait en lien les éléments relatifs à la conception de ressources numériques, et de les mettre en relation également avec ceux de l'analyse des usages. En réalité, ce jeu de cartes a été un outil méthodologique que nous a servi à instancier du modèle objet de cette thèse. Nous avons testé deux versions. Avec la première, nous avons validé sa pertinence pour prendre en compte les potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques de la tablette, pour favoriser l'appropriation de la ressource par les élèves, à travers de la prescription des tâches instrumentées (voir secctrion 3.2.2.2, page 80). La deuxième (voir section 3.2.2.3, page 84), nous a fait comprendre le besoin d'inclure les règles du jeu entre les cartes, pour rendre indépendants les joueurs de l'accompagnement du concepteur (le nôtre).

Ce jeu de cartes nous a ainsi permis de mettre en lien les tâches qu'il est possible de prescrire à partir de l'utilisation des fonctionnalités techniques de la tablette, avec les schèmes d'utilisation qui servent des chemins possibles pour réaliser chacune des tâches répertoriées. Ces schèmes d'utilisation incluent le « quoi

[42] http://atief.fr/sitesConf/eiah2015/uploads/Atelier5_Serna%20et%20al.pdf

faire ? » et le « comment faire ? » pour chaque tâche, de manière à ce que, lorsque l'enseignant a besoin de prescrire une tâche, il puisse en même temps visualiser quelles sont les possibilités que la ressource numérique va offrir aux élèves pour la réaliser, et quel est le chemin optimal du point de vue des apprentissages. Les tâches sont également organisées par niveau d'appropriation, de façon à ce que, quand l'enseignant prescrit une des tâches, il puisse déjà savoir quel niveau d'appropriation va favoriser cette tâche, et ainsi décider la façon dont il va transférer la responsabilité de l'apprentissage à l'élève à travers de la ressource numérique en conception.

Le jeu de cartes pour la conception est conçu pour appuyer le travail de conception collaboratif. Cela signifie qu'il est conçu pour être joué en équipes éventuellement interdisciplinaires ou pluri-catégorielles (les participants peuvent donner leurs idées et opinions concernant les décisions correspondantes à une discipline différente à la leur (informatique, graphisme, didactique...)) Rien n'empêche que le jeu de cartes soit également utilisé d'une façon individuelle ou que les joueurs puissent réinventer les règles. Le but du jeu de cartes pour la conception est de conduire les concepteurs à concevoir des ressources numériques en prenant en compte les fonctionnalités techniques de la tablette et leurs potentialités pour la prescription de tâches, les schèmes d'utilisation par niveau d'appropriation leur permettant de réaliser la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée*. Cela permet aussi d'identifier les indicateurs pour analyser chaque niveau d'appropriation *a posteriori*.

3.2.2.1.1 Un jeu de cartes pour la conception en prenant en compte 3 niveaux d'appropriation

En premier lieu, le jeu de cartes met à disposition des concepteurs une famille de cartes à utiliser pour définir les objectifs d'apprentissage. Il comprend également une série de cartes qui permet aux concepteurs d'envisager les différentes potentialités de la tablette en termes de fonctionnalités disponibles pour prescrire des tâches et des schèmes d'utilisation possibles pour les réaliser (Tableaux 10, 11 et 12, pages 71, 72, 73 et 74) (relations Enseignant-Savoir). Ces fonctionnalités sont structurées selon les niveaux d'appropriation décrits dans le chapitre 2. Les cartes permettent ainsi aux concepteurs d'anticiper la manière dont les élèves vont explorer la ressource, les stratégies qu'ils vont élaborer, ainsi que les éléments à prendre en compte pour les amener à formuler les stratégies construites (relations Enseignant-Elève).

Par exemple, si l'intention de l'équipe conceptrice est de concevoir une application qui permet aux élèves d'acquérir la compétence de l'énumération, la tablette offre une série de fonctionnalités pour le déplacement, l'organisation et le marquage des objets dans l'espace de l'écran tactile. Le concepteur pourra alors mettre à profit ces fonctionnalités pour créer une ressource numérique permettant aux élèves d'élaborer des stratégies leur permettant de réaliser les tâches prescrites (Rousson, 2014). Le jeu de cartes est structuré pour aider les concepteurs à anticiper l'appropriation de la ressource numérique par les élèves. Il permet de considérer les éléments susceptibles de favoriser cette appropriation pour que les élèves puissent se familiariser avec la ressource, identifier les actions possibles et celles qui leur permettent d'apprendre, et formuler ce qu'ils ont appris. Le résultat du processus de conception doit ainsi prendre en compte les relations dans la dimension Elève-Savoir.

3.2.2.1.2 Les types de cartes

Le jeu est composé d'une famille de cartes liée à la question de l'appropriation, que nous appelons cartes type 1. Elles contiennent dans l'en-tête, au recto, la dénomination du niveau d'appropriation visé, comme le montre l'exemple de la figure 9 de la carte « faire explorer ». Dans le pied du recto, nous pouvons voir la dénomination de la catégorie de la carte, qui est composée de l'élément de la tâche à laquelle la carte fait référence et une phrase qui lui donne du sens. Cela consiste à recevoir une rétroaction. L'en-tête de la carte au verso rappelle la catégorie (recevoir une rétroaction). Cette information est complétée, dans le corps de la carte, avec deux catégories de questions qui relèvent du « quoi » et du « comment ». Ces catégories de questions englobent également une liste de possibilités de réponses.

Figure 9 : Recto et verso d'une carte type 1 (Niveaux d'appropriation Explorer)



Ainsi, si les concepteurs utilisent la carte « recevoir une rétroaction » du niveau d'appropriation « faire explorer », ils peuvent l'utiliser pour décider quel type de rétroaction les élèves vont recevoir de la ressource selon qu'ils se trompent ou réussissent en réalisant la tâche. Ils peuvent décider une ou plusieurs possibilités. Par exemple, les concepteurs peuvent décider que la ressource numérique donne à l'élève un message d'alerte, si l'élève répète l'action en se trompant. S'il se trompe à nouveau, les concepteurs peuvent décider de faire en sorte que la ressource fournisse à l'élève une indication pour résoudre le problème ou que la consultation des règles, d'un tutoriel ou d'une aide lui soit suggérée.

En utilisant la carte « recevoir une rétroaction », les concepteurs peuvent également décider de la manière de la recevoir, en optant pour une ou plusieurs options. Par exemple, les concepteurs peuvent considérer intéressant que l'élève reçoive l'alerte sous la forme d'un message de texte avec des sons : « Attention ! Il y a une façon plus optimale de résoudre cette tâche » suivi d'un pop-up contenant la question : « Souhaitez-vous recevoir un indice ? Oui – Non ». Si l'élève sélectionne « Oui », une fenêtre déroulante peut mettre à disposition les options : « Aide, tutoriel, règle ». Le choix de l'élève peut être ouvrir une autre fenêtre.

Nous avons conçu un répertoire de cartes que le jeu met à disposition des concepteurs. Ce répertoire de cartes est organisé par niveau d'appropriation. Les tableaux 10, 11 et 12 (pages 71, 72, 73 et 74) indiquent les catégories des cartes (tâches) et les contenus (schèmes d'utilisation) des différentes cartes de type 1 pour chaque niveau d'appropriation. Le tableau 10 (page 71) montre les tâches et les schèmes d'usage (ceux à travers lesquels les élèves se familiarisent avec le fonctionnement de la ressource) qui favorisent le niveau d'appropriation « explorer ». Le tableau 11 (page 72) montre les tâches et les schèmes d'action instrumentée (ceux à travers lesquels les élèves réalisent les actions propres à la tâche) qui favorisent le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies », et le tableau 12 (page 74) montre les tâches et les schèmes d'action instrumentée qui favorisent le niveau d'appropriation « maîtriser ».

Tableau 10 : les informations des cartes type 1 du niveau « Explorer »

Tâches et schèmes d'usage	
Faire suivre une présentation	
Quoi ?	Comment ?
Un dispositif audiovisuel Un dispositif visuel Un dispositif audio Un dispositif tactile Autre	Suivre une introduction Y accéder par items de menu Y accéder par hyperlien Y accéder à partir d'une boite à outils Y accéder par rétroaction Y accéder par moteur de recherche
Faire suivre un tutoriel	
Quoi ?	Comment ?
Un dispositif audiovisuel Un dispositif visuel Un dispositif audio Un dispositif tactile Autre	Regarder une introduction Y accéder par items de menu Y accéder par hyperlien Y accéder par boite à outils Y accéder par rétroaction Y accéder par moteur de recherche
Faire consulter une carte	
Quoi ?	Comment ?
Un dispositif visuel Un dispositif tactile Autre	Y accéder par items de menu Y accéder par hyperlien Y accéder par boite à outils Y accéder par invalidation d'une action Y accéder par moteur de recherche
Faire consulter une aide	
Quoi ?	Comment ?
Un dispositif visuel Un dispositif audio Un dispositif tactile Autre	Y accéder par items de menu Y accéder par hyperlien Y accéder par boite à outils Y accéder par invalidation d'une action
Faire consulter des règles du jeu	
Quoi ?	Comment ?
Un dispositif visuel Un dispositif tactile Autre	Y accéder par items de menu Y accéder par hyperlien Y accéder par boite à outils Y accéder par invalidation d'une action Y accéder par moteur de recherche
Recevoir une rétroaction	
Quoi ?	Comment ?
Un message d'alerte Une indication Un lien vers un tutoriel, une aide, des règles ou une présentation Une redirection automatique vers un tutoriel, un aide, présentation, etc.	À travers une fenêtre déroulante À travers un pop-up À travers un message de texte Il s'ouvre une nouvelle fenêtre
Faire interagir librement	
Quoi ?	Comment ?
Des items de menu ou des hyperliens Des boites à outil ou des éditeurs Des objets graphiques, des images Autre	Cliquer Se déplacer Valider Manipuler Écrire Désigner Effacer

Tableau 11 : les informations des cartes type 1 du niveau « Elaborer des stratégies »

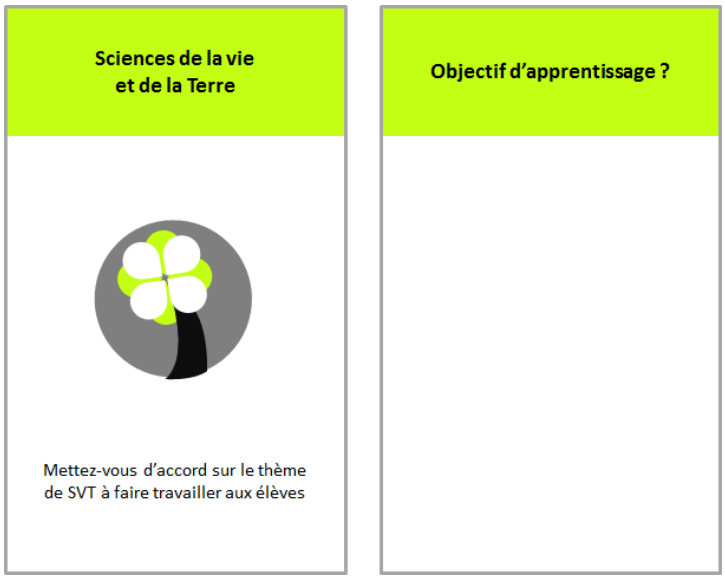
Tâches et schèmes d'action instrumentée		
Faire Sélectionner et désélectionner		
Quoi ?	Comment ?	
Des objets graphiques Des photos Du texte Des sons Des vidéos	Cliquer Les glisser-déplacer Taper Cocher Colorer	
Faire Manipuler		
Des objets graphiques Des photos Du texte Des sons Des vidéos	Les déplacer Les faire tourner Zoomer Dézoomer Les copier	
Faire Organiser		
Des objets graphiques Des photos Du texte Des sons Des vidéos Autre	Les aligner Les grouper Les classifier Autre	
Faire Mémoriser		
Quoi ?	Comment ?	
Des quantités, nombres ou chiffres Des mots, phrases ou concepts Des figures, formes ou couleurs Des dates, périodes ou époques Des données ou informations Autre	Enumérer Prêter attention Diviser ou grouper Associer ou lier Annoter ou remarquer Comparer ou exemplifier	
Faire Remémorer		
Des phénomènes Des faits Des procédures Des actions Des résultats Autre	Accéder à un historique Accéder à une chronologie Accéder à une infographie Accéder à un rapport ou score Accéder à un compte-rendu Autre	
Faire Visionner		
Des photos ou des vidéos Des graphiques Des textes Autre	Par diapositives Par mosaïques Par liste des données Par vue générale	Par vue de détail Par ligne de temps Par collections Par épisodes Autre
Faire Écouter		
De la musique Des bruits Des voix Autre	En stéréo ou mono Avec haut-parleur ou avec casque En mode sons ou vibration En présentiel ou en ligne Autre	
Faire Consulter		
Des photos ou des vidéos Des graphiques Des textes Des fichiers audio Autre	Voir tous les documents pour envisager l'information prioritaire Ouvrir un document et utiliser son information de façon arbitraire Ouvrir un document pour utiliser son information à partir des connaissances préalables Ouvrir plusieurs documents pour les utiliser en même temps	

Tâches et schèmes d'action instrumentée		
Faire Calculer		
Nombres et quantités Géométrie Fonctions Grandeurs et mesures Statistiques et probabilité Autre	En utilisant le clavier tactile En utilisant un clavier externe En utilisant le stylo En utilisant les doigts Autre	
Faire Annoter		
Des notes Des données Des résumes Des schémas Autre	En utilisant le clavier tactile En utilisant un clavier externe En utilisant le stylo En utilisant les doigts Autre	
Faire Rédiger		
Un résumé ou un rapport Un message ou un mail Une note, un concept ou une idée Une nouvelle ou un documentaire Un projet Autre	Décrire ou expliquer Exprimer ou communiquer Documenter ou répondre Argumenter ou présenter Analyser Critiquer Autre	
Faire Géolocaliser		
Des endroits Des personnes Des objets Des déplacements Des orientations Autre	Lire et interpréter une carte Construire un croquis de synthèse Se repérer sur une carte Avoir accès à des informations géo-localisées Autre	
Faire Capturer des données		
Les caractéristiques physico-chimiques d'un environnement et ses variations Les conditions d'un sujet dans un espace et son déplacement Autre	Prendre des photos ou des vidéos Enregistrer les sons ou mesurer le niveau sonore Mesurer les grandeurs lumineuses ou les rayonnements électromagnétiques	Mesurer la température et l'humidité Localiser (position, orientation, pendage, perspective, déplacement, distance, vitesse, direction) Autre
Faire Collecter des données		
Des réponses Des interactions Des descriptions (caractéristiques, comportements) Autre	Faire une observation Faire une enquête Faire un sondage Faire un entretien Faire un focus-groupe Autre	
Faire Représenter		
Des phénomènes ou processus Des environnements ou des objets Des situations ou des expériences Des idées ou des concepts Des liens ou des rapports Autre	Modéliser ou schématiser Interpréter Communiquer Documenter Faire un plan ou un croquis Autre	
Faire Partager		
Des données Des informations Des documents Des points de vue Autre	Par des réseaux sociaux Par des dispositifs de stockage Par des outils de communication Par des outils de partage Autre	

Tableau 12 : les informations des cartes type 1 du niveau d'appropriation « Maîtriser »

Tâches et schèmes d'action instrumentée	
Faire discuter	
Quoi ?	Comment ?
Les intentions Les décisions prises Les stratégies construites Autre	Écrire et recevoir la validation des partenaires par chat Verbaliser et recevoir la validation des partenaires à travers un outil de communication audiovisuel Autre
Faire répondre	
Quoi ?	Comment ?
Les intentions Les décisions prises Les stratégies construites Autre	Les élèves rédigent des réponses à quelques questions posées Les élèves choisissent quelques options proposées Autre
Faire exposer	
Quoi ?	Comment ?
Les intentions Les décisions prises Les stratégies construites Autre	Construire une exposition multimédia à l'aide des applications et documents mis à disposition Exposer en présentiel à l'aide des applications et documents mis à disposition Autre

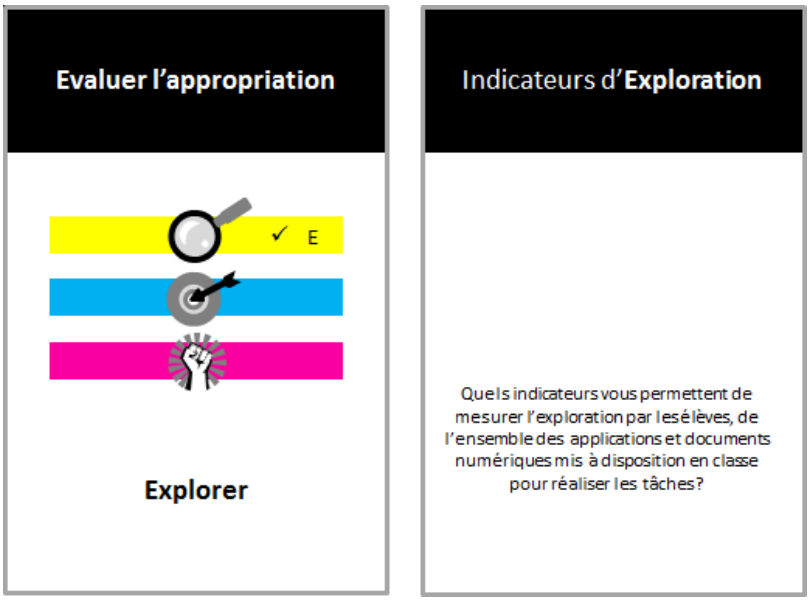
Figure 10 : recto - verso d'une carte type 2 (Objectif d'apprentissage)



Les cartes de type 2 offrent un espace pour que les concepteurs définissent les objectifs d'apprentissage. Le recto de la carte contient une invitation à choisir le thème sur lequel va porter l'apprentissage, au sein d'une ou plusieurs discipline(s) scolaire(s). Le verso des cartes pose des questions pour préciser l'objectif d'apprentissage (Figure 10). Un post-it est collé sur la carte afin de permettre aux concepteurs d'écrire des propositions qui seront discutées ou pour qu'ils puissent prendre des notes lors de la discussion.

Le jeu de carte sert également à anticiper l'évaluation de l'appropriation. Les cartes type 3 questionnent les concepteurs sur les indicateurs à utiliser pour évaluer l'appropriation de la ressource par les élèves. Le recto de la carte contient le niveau de l'appropriation et le verso une question (Figure 11). Il y a une carte par niveau d'appropriation.

Figure 11 : recto - verso d'une carte type 3 (Évaluation de l'appropriation)



3.2.2.1.3 Le code couleur

Pour structurer le travail de conception autour de la question de l'appropriation des ressources numériques par les élèves, les couleurs des cartes de type 1 réfèrent au niveau d'appropriation : les cartes du niveau « faire explorer » sont jaunes, celles du niveau « faire élaborer des stratégies » sont de couleur cyan et celles du niveau « faire manifester la maîtrise » sont de couleur magenta. (Figure 12).

Figure 12 : code couleur des cartes par niveaux d'appropriation

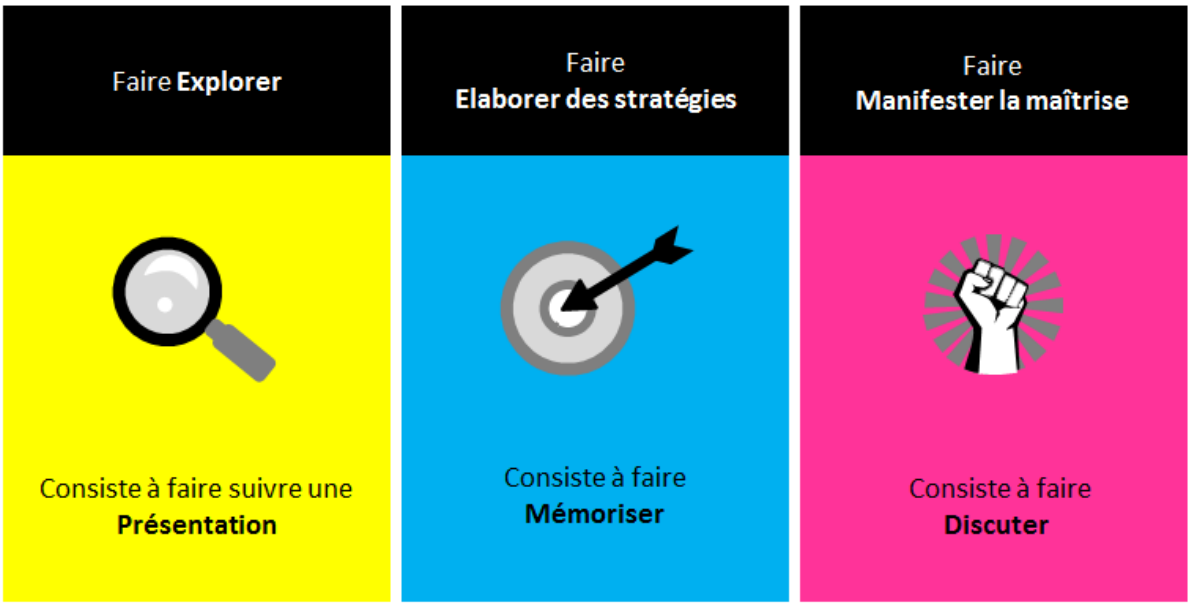


Figure 13 : code couleur des cartes disciplinaires

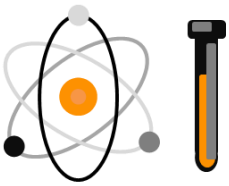
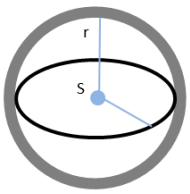
Sciences de la vie et de la Terre	Physique - Chimie	Mathématique
		
Mettez-vous d'accord sur le thème de SVT à faire travailler aux élèves	Mettez-vous d'accord sur le thème de physique – Chimie à faire travailler aux élèves	Mettez-vous d'accord sur le thème de mathématique à faire travailler aux élèves

Figure 14 : code couleur des cartes disciplinaires

Géographie	Histoire	Interdisciplinaire
		
Mettez-vous d'accord sur le thème de géographie à faire travailler aux élèves	Mettez-vous d'accord sur le thème d'histoire à faire travailler aux élèves	Mettez-vous d'accord sur le thème interdisciplinaire à faire travailler aux élèves

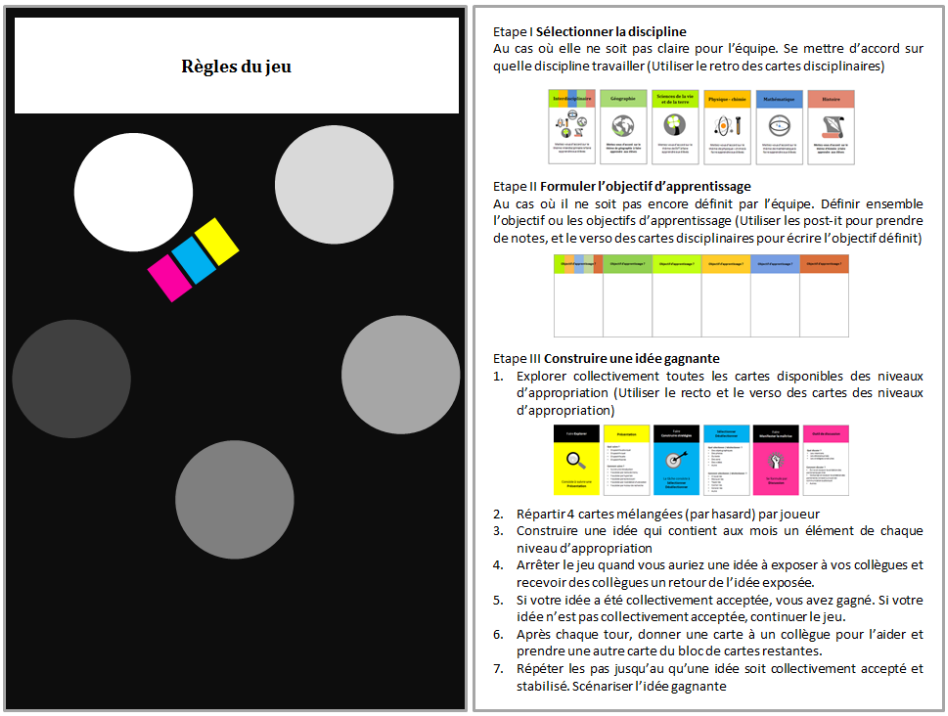
D'autres couleurs permettent de différencier les cartes type 2 en fonction de la discipline scolaire (Figure 13 et Figure 14). La carte interdisciplinaire est multi coulore (Figure 14).

3.2.2.1.4 Les règles du jeu

Nous avons conçue une séance de conception de ressources numériques comme un jeu dont les concepteurs sont les joueurs. Cela nous a conduit à formaliser les règles du jeu, lorsque l'équipe de conception est composée d'un maximum de 5 personnes. La conception peut démarrer à partir des idées personnelles des joueurs, qui sont exposées puis discutées. Chaque joueur dispose des règles du jeu qui sont décrites sur une feuille de format A5 (Voir figure 15) :

- le but du jeu est de convaincre les autres concepteurs/joueurs ;
- le gagnant est celui qui a apporté l'idée qui s'est imposée ;
- la qualité d'une idée est déterminée par les arguments qui permettent de la défendre ;
- on gagne le jeu lorsqu'on a une idée forte et que l'on convainc les autres de l'utiliser pour la conception d'une ressource ;
- le jeu se termine quand une idée et l'ensemble des informations nécessaires à sa réalisation sont exposées ;
- le jeu commence par l'utilisation des cartes type 2 pour définir de manière collégiale les objectifs d'apprentissage dans la discipline sélectionnée ;
- selon l'environnement où l'activité de conception se déroule, les concepteurs peuvent éventuellement utiliser des *Post-it* pour prendre des notes ou le faire sur un tableau ;
- le joueur qui a proposé le thème avec lequel l'équipe souhaite travailler, prend le contrôle du deuxième tour (distribuer les cartes et initier le jeu). Cette règle vise à trouver un accord en termes d'objectifs d'apprentissage entre les membres de l'équipe, et à introduire une ambiance de collaboration et de *leadership* - la collaboration étant comprise comme un processus de partage des objectifs et des moyens de les atteindre, et le leadership comme la capacité de soutenir une idée avec des arguments convaincants ;
- au second tour, on répartit au hasard 4 cartes de type 1 par joueur ;
- les concepteurs placent les cartes devant eux et tentent de les utiliser pour construire l'idée d'une ressource intégrant des éléments des trois niveaux d'appropriation ;
- si au cours du second tour, certains joueurs ont complété une séquence intéressante et souhaitent faire une proposition à l'équipe, le jeu s'arrête et ils exposent leurs idées ;
- suite à chaque exposé, les autres joueurs donnent leurs avis sur l'idée présentée. Le proposant peut ré-formuler son idée avec de nouveaux arguments. Si l'ensemble des joueurs n'est pas d'accord avec les idées exposées, le jeu continu ;
- le jeu se termine lorsqu'une idée est retenue par l'ensemble du groupe ;
- si après le second tour aucune idée n'est retenu, chaque joueur donne une carte à un collègue pour l'aider et prend une nouvelle carte à son tour ;
- si avec la nouvelle carte il (elle) n'a pas d'idée à soumettre à la discussion de l'équipe, le joueur passe son tour ;
- tous les joueurs ont le droit de ré-exposer une idée ancienne, complétée par de nouveaux éléments. Quand le nombre de participants d'une équipe de conception dépasse les 5 joueurs, il devient nécessaire de former plusieurs groupes de jeu ;
- chaque groupe peut alors travailler avec une idée qui sera confrontée à celles des autres groupes.

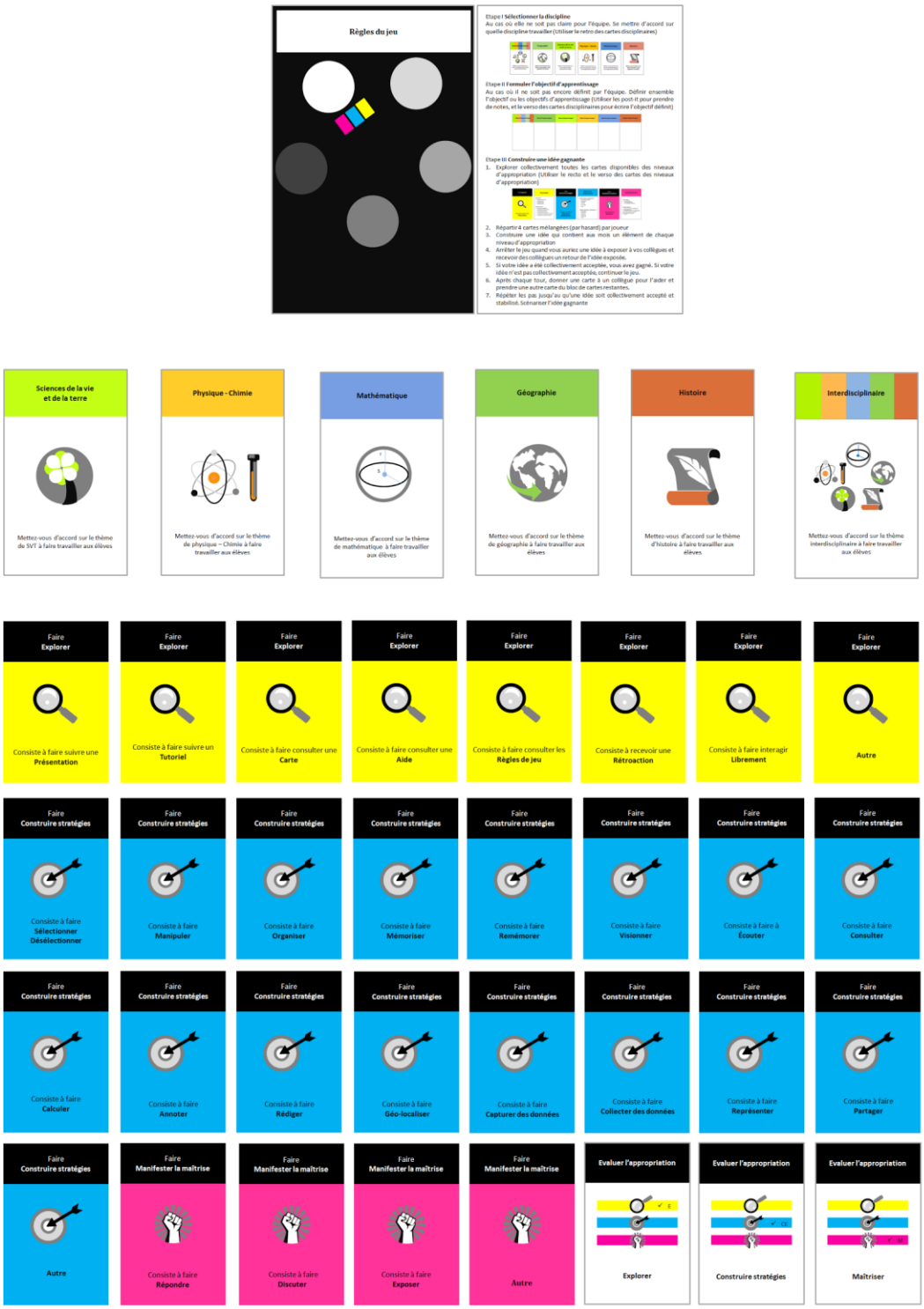
Figure 15 : recto verso de la carte contenant les règles du jeu (les disques du verso représentent les joueurs)



3.2.2.1.5 L'évolution du jeu

Ce jeu de cartes stabilisé (Figure 16) est le résultat d'une évolution de deux jeux proposés, expérimentés et modifiés. Il comprend 1 carte des règles du jeu, 6 cartes disciplinaires, 8 cartes du niveau d'appropriation « faire explorer », 17 cartes du niveau d'appropriation « faire élaborer de stratégies », 4 cartes du niveau d'appropriation « maîtriser ».

Figure 16 : version stabilisée du jeu de cartes de conception de ressources numériques



3.2.2.2 Séance de conception d'une ressource numérique en cours d'histoire

Suite à une présentation d'une première version non stabilisée du jeu de cartes, nous avons demandé à un groupe interdisciplinaire de quatre enseignants concepteurs du lycée Madame de Staël à Saint-Julien en Genevois, de s'en servir pour concevoir une ressource numérique à utiliser avec la tablette, le 23 septembre 2015. Il s'agit d'enseignants de science de la vie et de la Terre, mathématique, physique-chimie et histoire-géographie. Nous leur avons demandé de sélectionner une ou plusieurs discipline(s) selon leur préférence, qui corresponde(nt) à un ou plusieurs niveaux éducatifs du lycée pour concevoir la ressource.

Figure 17 : l'équipe de conception se mettant d'accord sur la discipline sur laquelle travailler



3.2.2.2.1 Consignes et organisation de la séance

La séance de conception a duré deux heures. Elle a démarré à partir d'une discussion ayant pour objectif de se mettre d'accord sur la discipline sur laquelle travailler. Les concepteurs ont choisi la discipline en la sélectionnant parmi les cartes disciplinaires du jeu. Ensuite, ils ont défini un objectif d'apprentissage qu'ils ont écrit sur la carte disciplinaire choisie (Voir figure 17).

Une fois la discipline et l'objectif d'apprentissage établis, les concepteurs ont procédé à la conception des tâches que les élèves devaient réaliser, ainsi que des activités et actions leur permettant de réaliser les tâches conçues, des stratégies possibles et celles permettant de réaliser la tâche d'une façon optimale. Cela tout en mettant à profit les fonctionnalités de la tablette, ainsi que les possibles schèmes d'utilisation des élèves, organisés dans les cartes de niveaux d'appropriation. Lors du processus de conception, les concepteurs devaient prendre en compte la manière dont les élèves pouvaient explorer la ressource, quelles stratégies devraient être développées pour réaliser la tâche, et de quelle façon les élèves formuleraient les décisions prises lors de la réalisation de la tâche.

3.2.2.2.2 La version du jeu fournie

Le jeu mis à disposition des concepteurs était dans sa version initiale. Cette version était composée de :

- la carte disciplinaire « histoire » pour écrire l'objectif d'apprentissage (voir figure 18) ;
- 5 cartes du niveau « faire explorer » ;
- 10 cartes du niveau « faire élaborer des stratégies » ;
- 4 cartes du niveau « faire maîtriser » ;
- 4 cartes du niveau « anticiper l'utilisation » ;
- 14 cartes type 2 du niveau « anticiper l'action » ;
- 4 cartes type 2 du niveau « anticiper la formulation » ;
- 3 cartes pour réfléchir sur les indicateurs et mesurer l'appropriation de la ressource numérique par les élèves.

Figure 18 : carte de la discipline Histoire

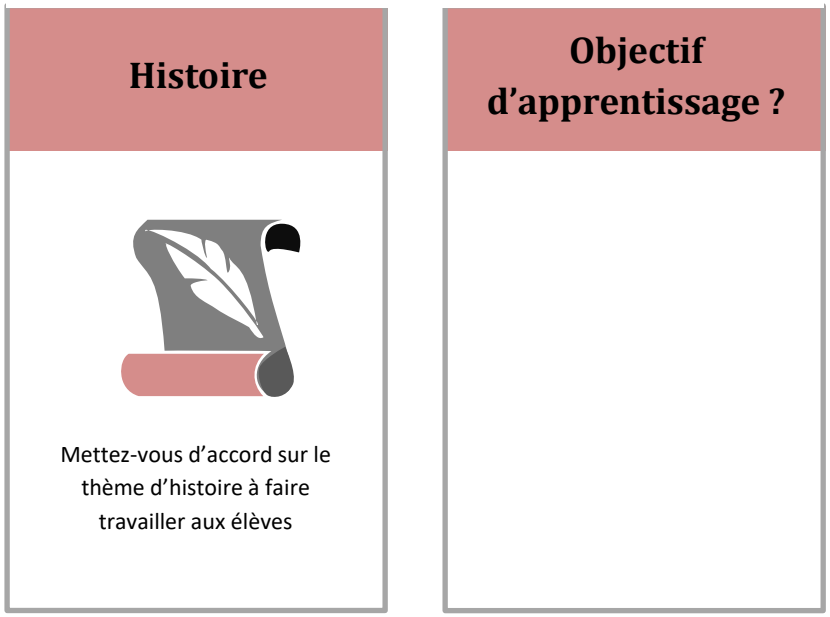
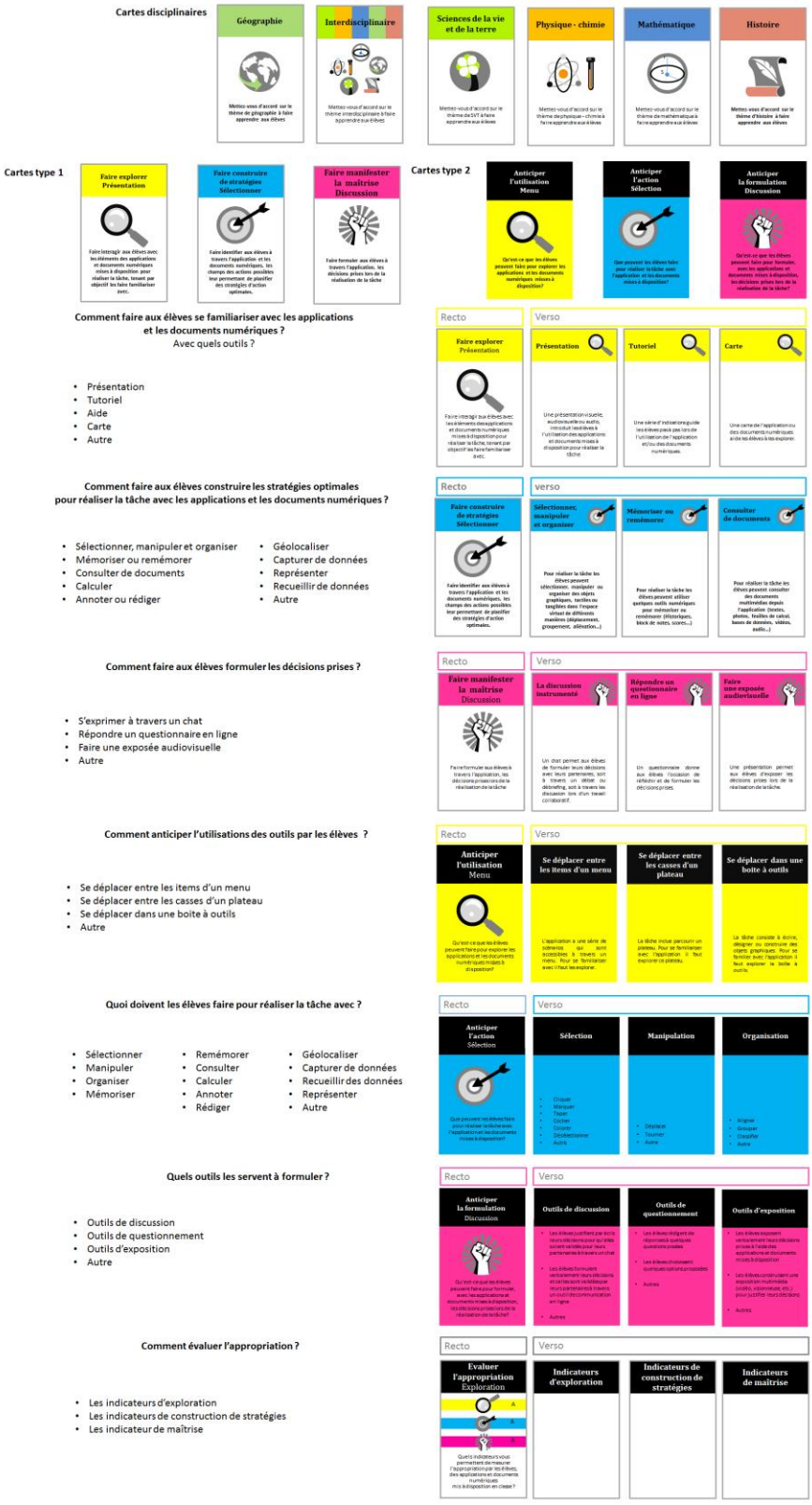


Figure 19 : jeu de cartes mis à disposition des concepteurs



Nous avons fourni aux participants les consignes suivantes :

Etape 1 : choisir un thème

Le joueur qui propose le thème avec lequel l'équipe souhaite travailler prend le contrôle du deuxième tour (administrer les cartes et initier le jeu).

L'objectif de ces règles était d'introduire l'équipe dans une ambiance de collaboration et de leadership (la collaboration comprise comme concertation, le leadership compris comme la capacité de soutenir une idée avec des critères convaincants).

Etape 2 : établir les étapes

Compléter au moins une séquence de cartes type 1 et type 2 contenant les tâches et les actions des élèves qui soient utiles pour le joueur.

Si, lors de ce premier tour, des joueurs ont complété une séquence intéressante et souhaitent faire une proposition à l'équipe, le jeu s'arrête et les joueurs exposent leurs idées.

Suite à chaque exposé, les joueurs doivent donner au moins un aspect positif et un aspect négatif des idées exposées. Le proposant de l'idée peut répondre avec un nouveau critère. Si l'ensemble des joueurs n'est pas d'accord avec les idées exposées, le jeu continue. Si une idée est reconnue comme valable, les joueurs passent à l'étape 4.

L'objectif de ces règles était d'établir dans la séance les étapes du jeu : A) construction des idées. B) exposition des idées. C) discussion des idées. D) itérations ou poursuite du jeu. E) stabilité d'une idée gagnante.

Etape 3 : poursuite du jeu

Si après le premier tour, aucune idée ne se stabilise, chaque joueur doit prendre une nouvelle carte à son tour. Si avec la nouvelle carte, il (elle) n'a pas encore d'idée à soumettre à la discussion par l'équipe, le joueur passe son tour, jusqu'au moment où quelqu'un arrête le jeu pour exposer une idée.

Tous les joueurs ont le droit d'exposer à nouveau une idée ancienne, reformulée avec de nouveaux critères.

L'objectif de ces règles était de donner à l'équipe les conditions favorables à la poursuite du jeu, ainsi qu'à l'évolution des idées à partir des nouvelles acquisitions de cartes et des retours produits par la discussion.

Etape 4 : identifier les indicateurs de l'appropriation

Une fois qu'une idée est stabilisée, les joueurs doivent expliciter les indicateurs pour mesurer l'appropriation en utilisant les cartes de type 4.

L'objectif de cette règle était d'amener les concepteurs à se projeter dans la phase d'évaluation.

3.2.2.2.2 Les données recueillies et analysées

Pour des raisons exploratoires, dans cette première expérimentation, nous avons décidé d'avoir un point de vue immersif sur l'activité de conception de la ressource avec le jeu de cartes, nous permettant de pouvoir préciser les règles du jeu nécessaires pour que le jeu de cartes serve d'appui et que les concepteurs travaillent en autonomie dans de futures séances de conception. Nous avons joué le jeu avec les concepteurs et collecté les données à partir de la trace audiovisuelle de l'expérimentation. Nous avons fait un débriefing pour retenir les commentaires des concepteurs à propos des questions suivantes : à quoi le jeu de cartes leur a servi ? Et quelles étaient les contraintes rencontrées ?

Nous avons ensuite analysé la vidéo de la séance, pour reconstruire pas à pas les décisions que les concepteurs avaient prises (l'identification de chaque carte utilisée, et la description verbale de la place de la carte dans l'idée que se scénarise). Nous avons également extrait de la vidéo les commentaires clés du débriefing nous permettant d'identifier la valeur que les concepteurs ont attribuée au jeu de cartes comme outil de conception d'une ressource numérique en *situation d'apprentissage instrumentée*. Cette expérimentation

nous a également permis de perfectionner le jeu de cartes lui-même. Pour décrire les résultats, nous avons fait un compte rendu qui reconstruit le déroulement de la séance du jeu. Puis nous transcrivons pas à pas l'explication que donne l'enseignante porteuse de l'idée gagnante, la décision prise par rapport au scénario d'apprentissage construit et les cartes desquelles elle s'est servie pour le structurer. A partir des cartes utilisées, nous déduisons les décisions prises par les concepteurs pour réaliser la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée* et pour savoir quels sont les niveaux d'appropriation qu'ils essayent de favoriser.

3.2.2.3 Séance de réingénierie d'une ressource numérique en SVT

Une deuxième version du jeu de cartes pour la conception est expérimentée. Suite à une présentation du jeu de cartes de notre part, un groupe transdisciplinaire[43] de concepteurs (composé de 5 informaticiens, 3 enseignants concepteurs de sciences de la vie et de la Terre et deux chercheurs) a participé à une séance de conception. Cette expérimentation a eu lieu le 12 octobre 2015 dans la salle incubateur LIPn (Laboratoire d'innovation pédagogique et numérique) de l'Institut Français de l'Education à Lyon. Cette salle est un espace créé pour offrir aux groupes de concepteurs un environnement adapté à la conception collaborative. Dans cet environnement, le jeu de cartes pour la conception que nous proposons trouve sa place en tant qu'outil d'appui à la conception, ainsi qu'à la prise en compte de la technologie et des utilisateurs au cours du processus de conception de ressources numériques.

3.2.2.3.1 La ressource en conception

L'objectif du groupe Géomatique (voir figures 20 et 21, page 85) est de reconcevoir un jeu sur tablette, qui instrumente une situation d'apprentissage portant sur la reconstitution du paléo-environnement quaternaire autour de Rillieux la Pape, dans la discipline sciences de la vie et de la Terre en Terminale. Nous utilisons l'application TactiléoMap. Ce jeu a déjà été testé par les élèves, et les concepteurs ont besoin de scénariser la *situation d'apprentissage instrumentée*. L'enseignante conceptrice la décrit comme suit :

« Les élèves sont engagés dans un jeu pour retrouver leurs convocations de bac emportées par mégarde dans le passé (solutréen). Plusieurs sites de fouille pour retrouver un habitat d'âge solutréen sont proposés. Un seul peut effectivement correspondre scientifiquement à un habitat solutréen. Les autres sont impossibles par rapport au paléoenvironnement. Le travail de terrain permet de faire une cartographie locale pour la période solutréenne et d'éliminer tous les sites inadéquats. La découverte du site adéquat s'accompagne d'autres activités annexes (initiation à la technique de fouille entre autre). La réingénierie doit considérer les aspects suivants :

- vérifier sur le terrain le fonctionnement de toutes les balises / tablettes ;
- prévoir un temps suffisant pour lancer l'activité ;
- le travail collaboratif nécessite que les groupes d'élèves soient sur des lieux différents donc avec une très grande autonomie ;
- il est indispensable de suivre attentivement avant, pendant et après, le travail des élèves (critères d'évaluation du travail réalisé pour chaque balise) ;
- travail prenant rapidement beaucoup de temps : en être conscient en relation avec le contexte archéologique de l'activité ».

[43] Nous utilisons le terme « Transdisciplinaire » dans le sens où les participants de la conception de la ressource numérique peuvent donner des apports relatifs à une discipline différente à la leur, avec l'objectif de produire des virements provenant des réflexions naïves sur le sujet en discussion, qui puissent conduire à des idées innovantes.

Figure 20 : équipe 1 de la séance de conception

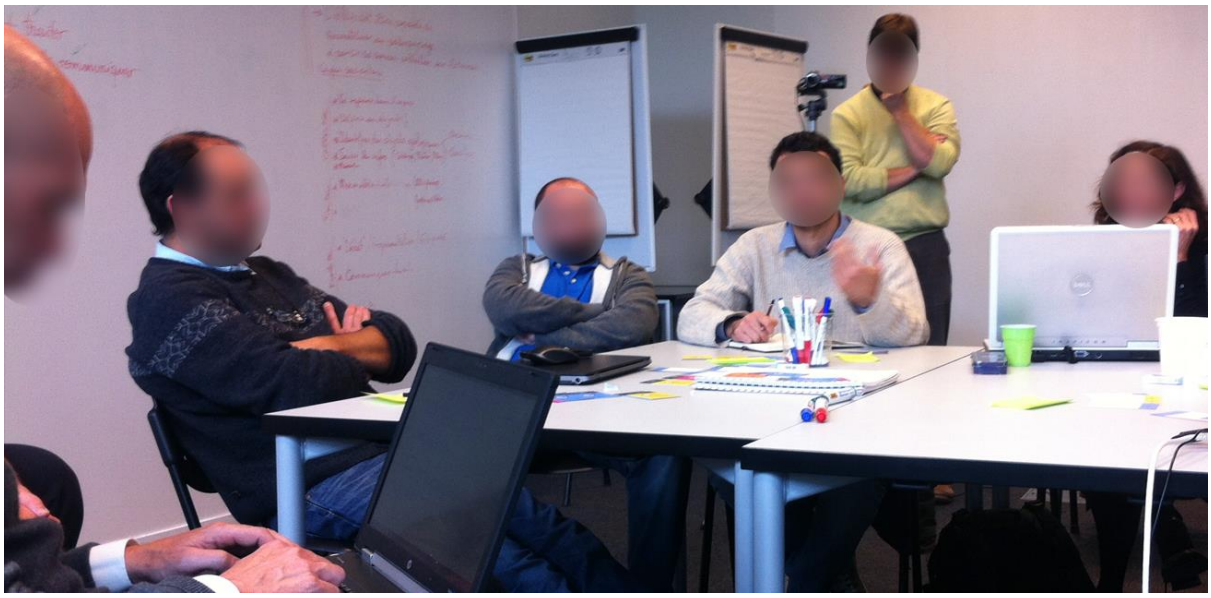
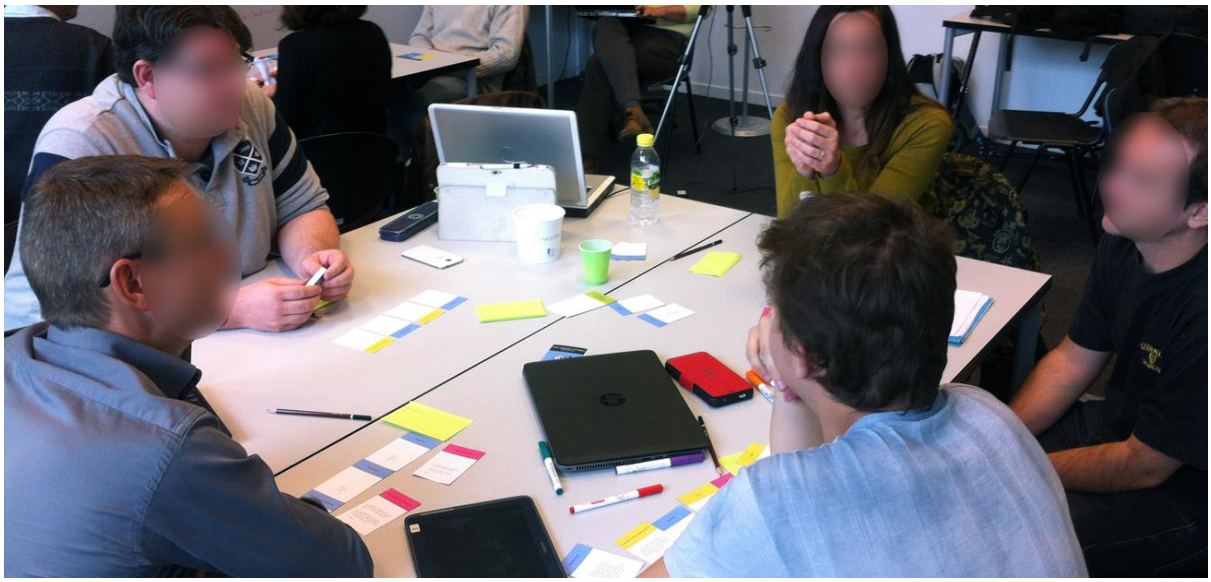


Figure 21 : équipe 2 de la séance de conception



3.2.2.3.2 Organisation de la séance et consignes

Au départ, la situation d'apprentissage est présentée ainsi que les difficultés rencontrées par l'enseignante chargée de la mettre en place l'année précédente ; s'ensuit une présentation du jeu de cartes de notre part ; puis enfin un temps de 5 minutes consacré à l'exploration des cartes par les participants.

Nous avons séparé le groupe en deux équipes de 5 participants (Figures 20 et 21, page 85) et nous lui avons donné un jeu de cartes à chaque équipe pour reconcevoir la séance d'apprentissage instrumentée par la tablette sous la forme d'un jeu.

La séance de réingénierie a duré deux heures pendant lesquelles les concepteurs devaient définir l'objectif d'apprentissage, et scénariser la situation en prenant en compte la façon dont les élèves devaient explorer la ressource, les stratégies que les élèves devaient développer pour réaliser la tâche, et la façon dont les élèves pouvaient formuler les décisions prises lors de la réalisation de la tâche.

Le jeu mis à disposition des concepteurs correspondait à une version précédente à la version stabilisée que nous venons de présenter. Nous décrivons ensuite la version mise à disposition des concepteurs dans cette séance d'expérimentation (voir figure 22, page 87) :

- la carte de la discipline sciences de la vie et de la Terre pour écrire l'objectif d'apprentissage ;
- un groupe de 5 cartes jaune pour réfléchir à la manière de permettre aux élèves d'explorer la ressource ;
- un groupe de 19 cartes bleu pour réfléchir à la manière de permettre aux élèves d'élaborer de stratégies ;
- un groupe de 4 cartes magenta pour réfléchir à la manière de permettre aux élèves de formuler les décisions prises ;
- 4 cartes (jaune bleu et magenta) sont distribuées à chaque joueur.

Figure 22 : recto-verso du jeu de cartes fourni aux concepteurs



Nous avons fourni aux participants les règles suivantes :

Etape 1 : proposer un objectif d'apprentissage

Le joueur qui propose l'objectif d'apprentissage avec lequel l'équipe souhaite travailler prend le contrôle du deuxième tour : distribuer les cartes (4 cartes par joueur) et initier le jeu.

Etape 2 : proposer des idées pour explorer la ressource, élaborer des stratégies et formuler le savoir

Compléter au moins une séquence de cartes jaune, bleu et magenta contenant les tâches et les actions des élèves ayant un intérêt pour le joueur. Si dans ce premier tour, il y a des joueurs qui ont composé une séquence intéressante et souhaitent faire une proposition à l'équipe, le jeu s'arrête et les joueurs exposent leurs idées. Suite aux exposés, les joueurs donnent les aspects positifs et négatifs des idées exposées, auxquelles les proposants des idées peuvent répondre avec un nouveau critère. Si l'ensemble des joueurs n'est pas d'accord avec les idées exposées, le jeu continue. Quand une idée est établie, les joueurs passent à l'étape 3. L'objectif de cette règle est de produire une idée concertée avec laquelle scénariser une situation d'apprentissage instrumentée. Si après le premier tour aucune idée ne se stabilise, chaque joueur doit donner une carte à un collègue pour l'aider et prendre une nouvelle carte à son tour. Si avec la nouvelle carte il (elle) n'a pas encore d'idée à soumettre à la discussion de l'équipe, le joueur passe son tour, jusqu'au moment où quelqu'un arrête le jeu pour exposer une idée. Tous les joueurs ont le droit de ré-exposer une idée ancienne, reformulée avec de nouveaux critères. Ces nouveaux critères peuvent inclure l'idée de quelqu'un d'autre. L'objectif de cette règle est de donner à l'équipe les conditions favorables à la continuation du jeu, ainsi qu'à l'évolution des idées à partir des nouvelles acquisitions de cartes et des retours produits par la discussion.

Etape 3 : identifier les indicateurs de l'appropriation de la ressource par les élèves

Une fois qu'une idée est stabilisée, les joueurs doivent expliciter les indicateurs pour mesurer l'appropriation en utilisant les cartes de type 3. L'objectif de cette règle est d'amener les concepteurs à se projeter dans la phase d'évaluation.

3.2.2.3.3 Les données recueillies et analysées

L'objectif de cette expérimentation est d'identifier la pertinence du jeu de cartes comme outil d'appui à la scénarisation d'une ressource numérique. Notre participation à cette expérimentation a été celle d'animateurs et observateurs. Nous avons enregistré l'activité des deux groupes de concepteurs (enseignants, informaticiens et chercheurs) à partir de la vidéo, et nous avons également pris des photos des scénarios qu'ils ont schématisés sur les tableaux de la salle. Ce qui nous intéressait de repérer dans cette expérimentation, c'est la façon dont le jeu de cartes utilisé par les concepteurs leur permettait de mettre à profit les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, ainsi que la façon dont ils favorisaient la prise en compte des niveaux d'appropriation, visant la dévolution de la situation d'apprentissage instrumentée, c'est-à-dire transférer aux élèves la responsabilité de l'apprentissage. Nous avons suivi la séance de scénarisation de la ressource, et nous avons fait un débriefing pour retenir les commentaires des concepteurs à propos de l'utilité du jeu pour eux et quelles étaient les contraintes rencontrées.

Nous avons ensuite analysé la vidéo de la séance pour reconstruire les décisions que les concepteurs avaient prises en ce qui concerne l'utilisation des cartes pour concevoir la ressource numérique inscrite dans la *situation d'apprentissage instrumentée*. Nous avons également récupéré de la vidéo les commentaires clés du débriefing. Cela nous permet d'identifier la valeur que les concepteurs ont attribuée au jeu de cartes comme outil de conception d'une ressource numérique en *situation d'apprentissage instrumentée*. Nous avons finalement construit un compte rendu qui explique les scénarios construit par les deux groupes, les discussions pour défendre ses idées, et nous avons plutôt retenu l'idée gagnante et les cartes utilisées pour la construire. Des cartes utilisées, nous déduisons les décisions prises par les concepteurs pour réaliser la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée,* ainsi que les niveaux d'appropriation qu'ils essayent de favoriser à partir des décisions prises.

3.2.3 Analyse *a priori* du jeu MTAT pour identifier les activités, les actions et les stratégies possibles que la ressource permet d'élaborer

Les deux études précédentes ont pour objectifs de modéliser les aspects relatifs à l'utilisation de la spécificité technique de la tablette pour la conception de ressources numériques et la dévolution des *situations d'apprentissage instrumentées* (le répertoire de tâches qu'une tablette permet de prescrire, et en lien avec ce répertoire, les schèmes d'utilisation que les élèves peuvent construire à partir d'une telle prescription). Dans cette nouvelle étude, nous nous centrons sur la question « Comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? Ceci vise à identifier les aspects relatifs à la structure d'une ressource numérique qui interviennent dans sa conception, en termes d'activités, d'actions et de stratégies possibles et optimales pour instrumenter la réalisation de la tâche.

C'est dans ce sens que nous avons décidé de mener une analyse *a priori* du jeu MTAT, visant à identifier les indicateurs du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies ». Afin d'observer les stratégies que les élèves élaborent lors de la réalisation de la tâche, il faut *a priori* savoir quelles sont les stratégies que la ressource permet d'élaborer, et quelles sont celles qui permettent effectivement d'apprendre. Nous décrivons l'analyse *a priori*, les critères pour mesurer le savoir visé, et les résultats obtenus.

3.2.3.1 L'analyse *a priori*

L'analyse *a priori* est un outil qui a été développé au sein de la *Théorie des Situations Didactiques* (Brousseau, 1998). Elle fournit un modèle *a priori* explicatif du comportement des élèves, et soulève des questions sur les raisons de leurs actions par rapport à la connaissance ciblée. Il vise à fournir une explication rationnelle pour le comportement des élèves, en fonction de leurs choix et stratégies, dans le cadre d'un processus concerné par le développement d'une compréhension des problèmes rencontrés dans une situation d'apprentissage. L'analyse *a priori* examine les stratégies utilisées comme modèle explicatif de la procédure suivie lors de l'expérience de la classe. L'un des objectifs de l'analyse *a priori* est d'identifier certains choix d'activités réalisées par l'enseignant, ainsi que les solutions de rechange et leurs conséquences, au sujet des objectifs de connaissances et du potentiel d'apprentissage.

Nous transposons cette analyse à la *situation d'apprentissage instrumentée*, à savoir la situation dans laquelle l'apprentissage est instrumenté par une ressource numérique, et dans laquelle le milieu didactique est organisé par l'enseignant pour que l'élève apprenne par adaptation, prenne en compte les stratégies que la ressource numérique permet de construire pour réaliser la tâche prescrite. Il répond aux questions suivantes : qu'est-ce que les élèves savent déjà et quels sont les moyens mis à leur disposition ? Comment les questions que l'enseignant pose ou la dévolution du problème par l'enseignant peut prendre du sens pour eux ? Que doivent-ils apprendre à partir des questions de l'enseignant ?
Nous avons analysé le jeu MTAT à partir de la consultation des programmes officiels, pour construire la connaissance ciblée de la situation d'apprentissage, afin d'identifier les connaissances préalables en mathématiques, physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre et géographie. Nous avons répondu à certaines questions telles que : quelle est la question ou le problème à résoudre ? Qu'est-ce que les élèves doivent apprendre pour résoudre le problème ? Quel est le sens de leurs actions à l'égard du savoir visé ? Nous avons également interviewé l'équipe de concepteurs du jeu pour identifier les stratégies qu'ils attendaient de la part des élèves pour jouer et gagner le jeu, et pour apprendre. Nous avons joué le jeu et nous avons observé les joueurs afin d'identifier des stratégies que le jeu permettait d'élaborer.

3.2.3.2 Description du jeu MTAT

Le jeu MTAT » a été conçu pour une classe de l'enseignement exploratoire intitulé « Méthodes et Pratiques Scientifiques » (MPS), au niveau du lycée, avec une méthodologie de type recherche orientée par la conception (Sanchez, & Monod-Ansaldi, 2015). Les concepteurs ont conçu une carte conceptuelle de l'alimentation pour modéliser les savoirs en jeu. Cette carte conceptuelle définit les différents aspects de l'alimentation à mettre en lien pour construire et comprendre la complexité de l'alimentation et en particulier les liens avec les questions nutritionnelles, culturelles, économiques et environnementales.

Le jeu, initialement en version papier, a évolué vers la version sur tablette dont nous avons étudiée les usages des deux versions. La toute première version se présentait sous la forme d'un jeu de rôle joué avec des cartes. Chaque élève jouait le rôle de propriétaire d'un restaurant et devait concevoir un menu à partir de la consultation de documents disponibles. Le propriétaire du restaurant dont le menu a été choisi par les élèves de la classe qui avaient le rôle de clients gagnait le jeu. Mais le potentiel pédagogique limité de cette première version du jeu mis en évidence lors d'une première expérimentation en classe, a conduit les concepteurs du jeu à le réviser.

Dans la deuxième version du jeu, les joueurs prennent le rôle d'un personnage qu'ils doivent masquer et éviter que l'adversaire ne les démasque. Chaque personnage est défini par son âge, genre, poids, taille et activité, goût et contraintes alimentaires. Chaque joueur décrit ces caractéristiques au début du jeu, le dernier joueur démasqué gagne le jeu. Les 13 caractéristiques du personnage correspondent à autant de familles de d'un jeu de carte. Une première numérisation du jeu visait à faciliter la consultation des 46 documents disponibles. L'expérimentation de cette seconde version a montré de vraies améliorations en ce qui concerne le modèle du savoir mais l'autonomie des élèves pour construire les stratégies nécessaires pour apprendre la complexité de l'alimentation en jouant restait encore un défi à surmonter (Monod-Ansaldi et al. 2013). La troisième version du jeu est celle que nous utilisons dans cette thèse. Elle se présente sous la forme d'un jeu sur tablette.

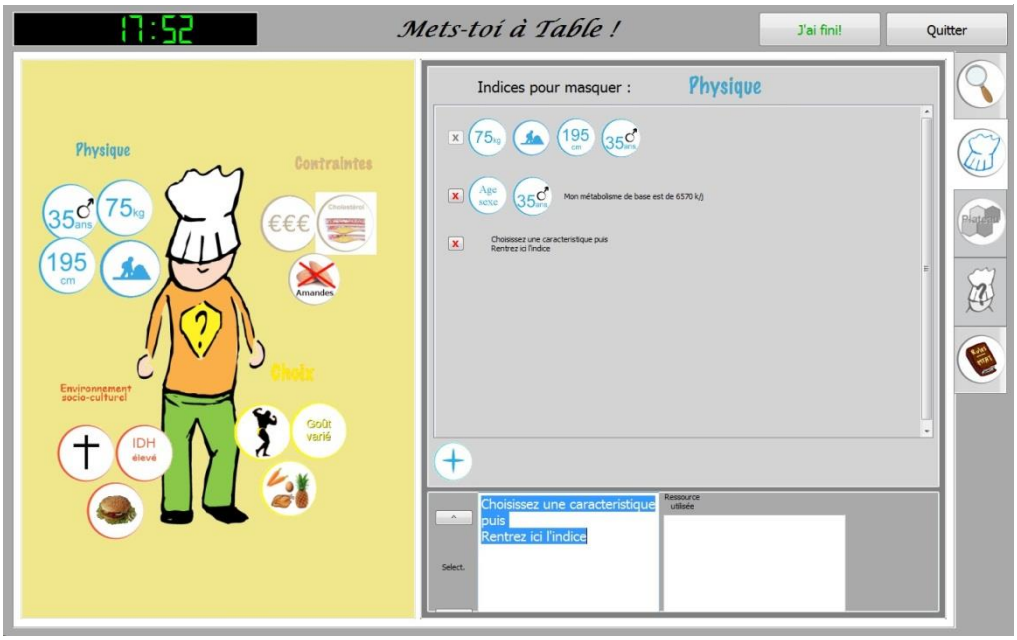
Dans la dernière version du jeu, les aspects socioculturels de l'alimentation ont été ajoutés. L'objectif du jeu MTAT est de permettre aux étudiants de comprendre la complexité des pratiques nutritionnelles. Les élèves ont accès à une série de documents numériques (textes, images, base de données…) contenant des informations scientifiques sur la nutrition, la diététique, l'écologie, et les aspects socioculturels de l'alimentation (voir tableau 13, page 91).

Les élèves ont également accès à diverses informations nutritionnelles tirées d'étiquettes d'emballages alimentaires. En utilisant l'information obtenue à partir de la consultation de ces documents, les étudiants élaborent des indices pour masquer leur personnage. Ces caractéristiques peuvent correspondre à des catégories physiques telles que l'âge, la taille, le poids et l'intensité de l'activité physique, de préférence personnelles telles que les attitudes des consommateurs. Par exemple, le type de sport et les goûts, socioculturels tels que la religion, l'indice de développement humain et le modèle alimentaire. Enfin, la catégorie des contraintes liées au pouvoir d'achat, au métabolisme et aux allergies alimentaires (voir figure 23, page 92). Le jeu est conçu de sorte à conduire les élèves à mettre en relation les différentes dimensions de l'alimentation, à travers la consultation de documents contenant des informations appartenant à ces dimensions, au moment de construire les indices pour masquer leur personnage et au moment de déchiffrer les indices construits par l'adversaire. Ces dimensions sont catégorisées également dans la structure du jeu, à savoir, dans les caractéristiques des personnages à masquer ou démasquer.

Tableau 13 : les documents numériques disponibles par le jeu

Savoir	Documents liés
Les fonctions du corps humain	1 L'indice de masse corporelle 2 Le métabolisme de base 5 Masse et poids 7 Le calcul du métabolisme de base selon l'activité 25 L'indice glucidique 32 Les mesures de longueurs
Les besoins énergétiques selon l'activité physique	4 Les besoins de protéines selon le type de sport 6 Les proportions de LPG (Glucides-lipides-protéines) 8 Proportions de LPG (Glucides-lipides-protéines) et sport 18 Le lait 26 Cuisine moléculaire et diététique 27 Alcools 29 Lipides cachés / visibles 30 Les protéines 31 Protéines animales / protéines végétales 33 Les lipides 36 Les acides gras 37 Acides gras insaturés (cis / trans) 38 Carbohydrates 39 Biscuits, pates chocolatées et viennoiserie, huile de palme ou beurre ? 40 Aliments, nutriments et énergie 44 Les édulcorants 60 Squelette carboné et écriture topologique 61 Lecture des étiquettes 62 Diagramme ternaire
Les contraintes de consommation pour la santé	23 Les utilisations de l'amande dans la cuisine 24 Le diabète, maladie de la régulation du taux de glucose 28 Allergies alimentaires 34 Alimentation et cholestérol 35 Cholestérol et maladies cardiovasculaires 64 Goût
Les enjeux écologiques de la consommation et de la production d'aliments	9 Faire ses courses avec les saisons 11 L'empreinte écologique 12 Manger bio 15 Emballage : exemple du café 16 Liste de producteurs 17 Manger écologique 19 Les œufs
Les aspects socio-culturels qui influencent la prise de décision dans le domaine alimentaire	10 Pratique religieuse et alimentation 13 Végétarien / végétalien 63 Menu 65 L'indice de développement humain 66 Le modèle alimentaire 67 Le pouvoir d'achat

Figure 23 : interface de masquage du jeu MTAT



Le jeu est jouable par deux équipes adverses composées de binômes d'élèves. Le jeu se joue en deux tours chronométrés. Il comprend deux phases au cours desquelles deux binômes s'affrontent. La première phase a une durée de 30 minutes. Chaque équipe masque les caractéristiques d'un personnage en construisant plusieurs indices à partir de l'information consultée dans les documents disponibles. Par exemple, si les joueurs veulent masquer la caractéristique « poids », ils peuvent consulter le document numéro 5 intitulé « Masse et poids ». Ils peuvent ensuite construire un indice tel que « Je suis fait de 74,750.8 moles de nucléons ».

La deuxième phase du jeu a une durée de 20 minutes, au cours de laquelle chaque équipe obtient les indices construits par l'équipe adverse. Le lancement d'un dé permet des déplacements sur un plateau constitué de cases hexagonales (figure 24, page 93). Chacune des cases du plateau correspond à une des catégories dont ils ont groupés les caractéristiques du personnage. Quand un joueur atteint une case, il obtient un des indices masqués par son adversaire. Les joueurs consultent ensuite les documents pour trouver l'information que leurs adversaires ont utilisée pour construire l'indice obtenu. Si l'équipe adverse n'a pas masqué une caractéristique de la catégorie à laquelle correspond la case atteinte, il obtient la caractéristique non masquée.

Par exemple, un binôme lance le dé et déplace son point de trois cases du plateau, pour arriver à la catégorie « choix ». Il reçoit l'indice : « Je préfère utiliser des coccinelles pour tuer les pucerons ». Le binôme consulte le document numéro 12 (Manger bio) et conclut alors que la caractéristique du personnage est « Mange des aliments issus de l'agriculture biologique ». Le binôme de l'équipe adverse fait le même type de démarche simultanément. Les deux équipes peuvent choisir quel indice donner à leur adversaire, quand elles ont construit plusieurs indices par catégorie. L'équipe qui démasque le plus de caractéristiques du personnage de l'équipe adverse gagne le tour.

Figure 24 : interface du jeu (plateau de jeu)

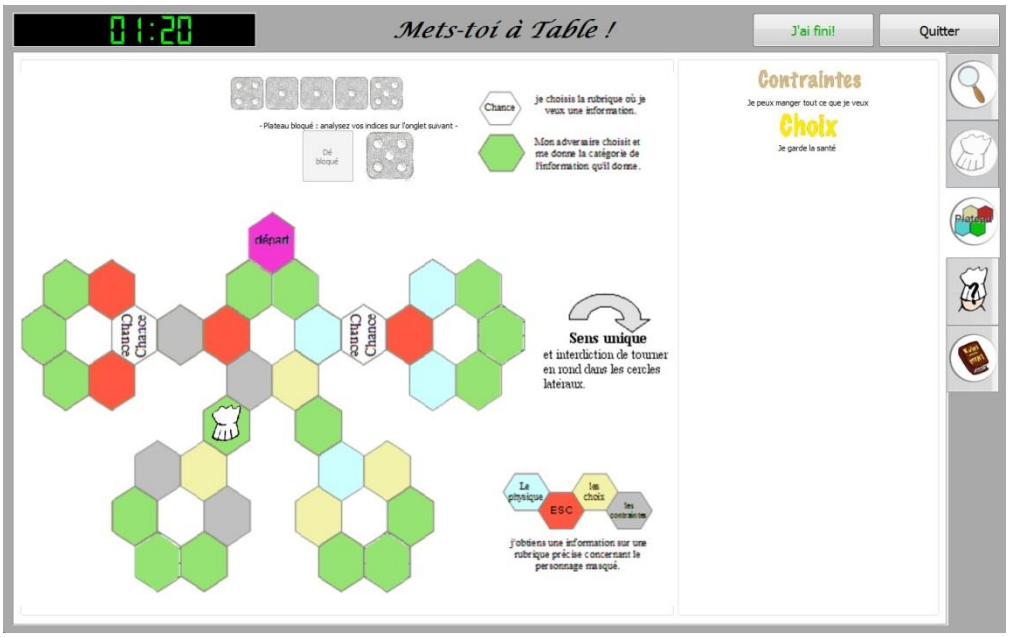
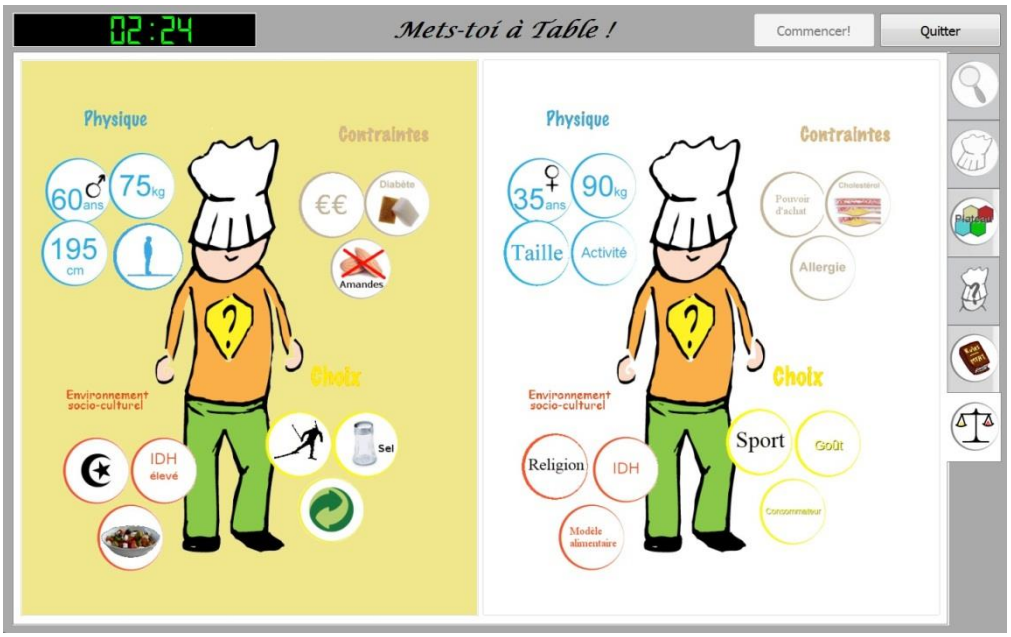
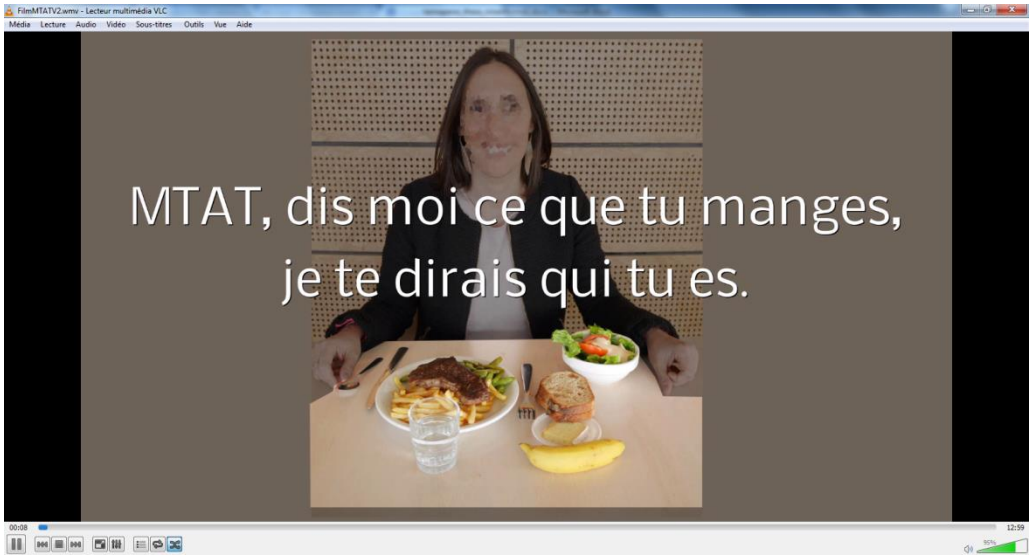


Figure 25 : Interface du jeu lors de la phase de démasquage



Le jeu MTAT débute par un temps d'exploration, pendant lequel les élèves regardent une présentation du jeu (voir figure 25) pour se familiariser avec son fonctionnement. Cette présentation montre, pas-à-pas, comment masquer les caractéristiques du personnage et démasquer celles de l'équipe adverse. La présentation montre un enseignant qui masque les caractéristiques d'un personnage en utilisant le document 1 (l'indice de masse corporel) et le document 67 (le pouvoir d'achat). Puis la présentation montre comment obtenir les indices du personnage de l'adversaire, en lançant le dé et en se déplaçant sur le plateau de jeu pour sélectionner des catégories et obtenir les caractéristiques du personnage ou les indices construits pour les masquer.

Figure 26 : Présentation du jeu MTAT



A la fin du jeu, les élèves participent à une séance de débriefing menée par deux enseignants, au cours de laquelle ils formulent les connaissances construites lors de l'activité de jeu, en répondant à des questions.

3.2.3.3 Le savoir visé

Le jeu MTAT vise à conduire les élèves à apprendre à chercher, à l'aide de l'outil numérique, comment appliquer des techniques et mettre en œuvre des calculs. Cela dans le but de raisonner, démontrer et communiquer des résultats et des critères oralement ou par écrit. Le jeu traite des aspects de l'alimentation liés à la santé, la pratique du sport, les grandes questions de la société comme par exemple les enjeux planétaires et humains contemporains. Les élèves doivent être en mesure d'exercer leur responsabilité en matière de santé ou d'environnement durable, avec des perspectives historiques et des connaissances scientifiques, en analysant la manière dont des produits ou des systèmes complexes répondent à des besoins individuels et sociaux.

Les travaux sur la question de l'alimentation montrent que cette thématique est complexe et comprend des questions liées aux modèles alimentaires (Fournier & Touzard, 2014), aux inégalités sociales[44], aux enjeux politiques[45][46], aux savoirs scientifiques (Amiot-Carlin et al. 2012), aux cultures (Schlienger & Monnier, 2013). Le jeu MTAT a été conçu pour aider les élèves à faire les liens entre les différentes dimensions de l'alimentation. Ainsi, les stratégies efficientes du jeu MTAT sont celles conduisant les élèves à mettre en relation ces dimensions quand ils construisent les indices avec lesquels ils doivent masquer les caractéristiques du personnage assigné par le jeu. La stratégie efficiente du point de vue du savoir visé est celle consistant à construire un même indice en utilisant l'information contenue dans plusieurs documents.

La première version du jeu MTAT était une version papier. Par la suite, des versions numériques du jeu pour ordinateur et tablette ont été développées. Nous nous sommes intéressés à évaluer l'appropriation de la version tablette du jeu MTAT. Le savoir visé que nous cherchons à définir est celui dont l'apprentissage est instrumenté par la ressource numérique, à partir des possibilités des actions que le milieu didactique permet de réaliser. Les concepteurs du jeu MTAT ont mis à profit notamment les fonctionnalités d'édition de texte, le calcul et la visualisation de documents, ainsi que les interactions directes et multimodales. A

[44] http://www.fao.org/publications/sofa/2014/fr/?%DC%0C%12%08=
[45] http://www.revue-economie-et-humanisme.eu/bdf/revues/revue-71.html
[46] www.fao.org/3/a-i4040f.pdf

partir de la mise à profit de ces fonctionnalités, nous avons identifiés 18 stratégies possibles que les élèves peuvent élaborer pour réaliser la tâche prescrite. En ce sens, nous explicitons ci-dessous les critères qui nous ont conduits à repérer si une stratégie est plus ou moins pertinente qu'une autre, tant du point de vue du savoir visé, que du point de vue de l'aspect ludique du jeu.

Etant donné que la ressource numérique que nous sommes en train d'analyser est un jeu destiné à l'apprentissage, nous avons été amenés à prendre en compte les apports, en termes d'apprentissage et de performance dans le jeu, de chacune des stratégies que les élèves pouvaient construire. Nous avons classé ces apports selon une échelle de cinq niveaux visant à identifier les stratégies qui présentaient la meilleure combinaison entre gain du jeu et apprentissage, que nous explicitons dans les tableaux 15 et 16 (page 106 et 107) :

- très faible : la stratégie ne favorise pas du tout l'apprentissage et/ ou la victoire ;
- faible : la stratégie n'est pas celle qui favorise le mieux l'apprentissage et/ou la victoire ;
- neutre : la stratégie ne favorise pas ni défavorise pas l'apprentissage et/ou la victoire ;
- fort : la stratégie favorise l'apprentissage et/ou la victoire ;
- très fort : c'est la stratégie qui favorise le mieux l'apprentissage et/ou la victoire.

Il peut exister également des stratégies de triche. Ces stratégies sont celles qui peuvent permettre la réussite du jeu, mais qui ne respectent pas les règles du jeu. Certaines actions du masquage dépendent de la structure du jeu. Les caractéristiques des personnages que les joueurs doivent masquer et démasquer sont groupées en 4 catégories (voir tableau 14, page 96). Chaque catégorie peut contenir entre 3 et 4 caractéristiques. Chaque caractéristique peut contenir entre 3 et 4 variables que le jeu peut attribuer aléatoirement au personnage à masquer ou démasquer. Les élèves n'ont pas la possibilité de personnaliser les menus de navigation du jeu, l'application ne permet pas non plus d'ajouter de contenus, de nouvelles fonctions, d'actualisations ni d'applications complémentaires.

Tableau 14 : La structure du jeu (les caractéristiques des personnages)

Catégorie	Physique	Contraintes	Environnement socioculturel	Choix
Caractéristiques	Sexe-âge	Pouvoir d'chat	Religion	Sport
	18 ans F/H 35 ans F/H 60 ans F/H	Faible Moyen Elevé	Christianisme Bouddhisme Islam	Aucun sport Endurance Puissance
	Poids	Métabolisme	Indice de Développement Humain	Goût
	60 kg 75 kg 90 kg	Dans la norme Aucune maladie Cholestérol Diabètes	Faible Moyen Elevé	Salé Sucré
	Taille	Allergie	Modèle alimentaire	Consommateur
	160 cm 180 cm 195 cm	Amande Aucune allergie Céleri	Américain Méditerranéen Asiatique Autre	Ecologiste Végétarien Omnivore
	Métier			
	Sédentaire Actif Très actif			

3.2.3.4 Les activités et les actions pour réaliser la tâche

Le jeu MTAT, permet aux élèves de réaliser deux types d'activités :

- masquer les caractéristiques alimentaires d'un personnage pour éviter que l'adversaire ne le démasque (M) ;
- démasquer le personnage de l'adversaire en mobilisant des savoirs sur l'alimentation pour remporter la partie (D).

Chaque activité peut combiner plusieurs actions :

- sélectionner une caractéristique pour la masquer ou la démasquer (M et D) ;
- consulter les documents disponibles (carte de ressources) (M et D) ;
- consulter un document pour essayer d'utiliser son information pour masquer ou démasquer une caractéristique (M et D) ;
- utiliser l'information d'un document pour construire un indice correspondant à une caractéristique de son personnage ou pour démasquer une caractéristique du personnage adverse (M et D) ;
- construire un indice ou démasquer une caractéristique sans consulter de document pour gagner du temps (M et D) ;
- effectuer un calcul sur un document et utiliser le résultat pour construire ou démasquer un indice (M et D) ;
- choisir une case du plateau de jeu permettant d'obtenir des indices (D).

3.2.3.5 Stratégies qu'il est possible d'élaborer lors de l'activité de masquage

Nous avons identifié 18 stratégies que le jeu permet aux élèves de mettre en place : 12 pour masquer et 8 démasquer les caractéristiques liées à l'alimentation d'un personnage que le jeu attribue aux élèves d'une façon aléatoire. Ces stratégies passent par la consultation des documents numériques, auxquels ils ont accès pour extraire l'information scientifique qu'ils utiliseront pour construire les indices avec lesquels ils masqueront le personnage. Ce qui est souhaité c'est que les stratégies que les élèves élaborent pour masquer le personnage soient celles qui combinent la mobilisation des savoirs scientifiques contenus dans les documents, et des éléments leur permettant de gagner le jeu face à l'adversaire. Cette liste de stratégies de masquage et de démasquage, a été complétée au fur et à mesure de nos observations qui ont conduit à l'identification de stratégies utilisées que nous n'avions pas prévues, lors de l'analyse *a priori*.

Nous décrivons ci-dessous ces stratégies, en les accompagnants des exemples représentés sous la forme de traces numériques collectées automatiquement. Ou des transcriptions de la trace audiovisuelle de l'activité : 1) la trace numérique est composée des lignes ou obsels, chaque obsel est au même temps composé de la date et l'heure où l'action s'est réalisée (par exemple : 2015-04-28_10:51:45;). 2) L'activité que l'élève réalisait (par exemple : Masquage;). 3) L'action que l'élève réalisait (par exemple : ModifierIndice;) 4) l'information introduite par l'élève dans la forme d'indice (par exemple : Mon IMC est de 23,4;).

- SP1 : Utiliser des calculs pour construire des indices en mettant en difficulté l'adversaire (Calcul)

Parmi les 44 documents numériques dont les élèves disposent pour construire les indices (voir le tableau 13, page 91), une dizaine de documents contient des informations scientifiques dont les calculs mathématiques. En effet, déchiffrer un indice masqué avec de l'information mathématique peut provoquer chez les élèves temps et d'effort. Cette stratégie permet aux élèves de bien mobiliser le savoir et en même temps de demander aux adversaires de s'investir fortement lors du démasquage. Par exemple, à partir de la formule du calcul de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), les élèves peuvent déduire le poids, l'âge ou la taille du personnage. Nous l'exemplifions avec les deux lignes de traces numériques qui suivent : la première ligne de la trace contient l'indice construit par l'élève. Cet indice donne la valeur de l'IMC du personnage masqué, la deuxième ligne de la trace contient le numéro du document utilisé pour construire l'indice. A partir de cette donnée, l'adversaire peut calculer le poids ou la taille ou l'âge, les déduisant de la formule de l'IMC :
2015-04-28_10:51:45; Masquage; ModifierIndice; Mon IMC est de 23,4 ;
2015-04-28_10:51:45; Masquage; Modifier**Ressources; 1** ;

- SP2 : Construire au moins un indice par document numérique pour utiliser le plus de documents numériques disponibles (IxdN)

Les élèves peuvent décider d'essayer de construire un indice par document pour tout utiliser, mais ce n'est pas matériellement possible, car la quantité des documents disponibles est trop importante pour le temps dont les élèves disposent pour les utiliser. Il ne s'agit donc pas proprement d'une stratégie, mais cette action permet de mettre en lien les documents utilisés et les indices construits. Néanmoins, l'utilisation de divers documents est une stratégie forte du point de vue de l'apprentissage, car elle permet de mobiliser le savoir contenu, et oblige également les adversaires à consulter plusieurs documents. Dans l'exemple de la *trace numérique d'interaction* ci-dessous, les élèves ont construit 5 indices avec 5 documents différents, qu'ils ont nommés R2, R7, R5, R10 et R65 dans chaque ligne de trace :

2015-05-05_10:35:46; usr_5_to_6; Masquage; ModifierIndice; "Mon métabolisme de base est de 1685,65. R2";

2015-05-05_10:37:49; usr_5_to_6; Masquage; ModifierIndice; "Mon métabolisme est entre 2940 et 2960. R7";
2015-05-05_10:40:17; usr_5_to_6; Masquage; ModifierIndice; "Sur la Lune, je pèse entre 120N. R5";
2015-05-05_10:43:31; usr_5_to_6; Masquage; ModifierIndice; "Je ne peux pas manger certaines viandes. R10";
2015-05-05_10:47:49; usr_5_to_6; Masquage; ModifierIndice; "Je vis dans un pays comme la Chine. R65";

- SP3 : Construire au moins 2 indices correspondants à une même catégorie, (2Imct)

Les caractéristiques du personnage à masquer sont groupées en quatre catégories : physique, choix, environnement socioculturel et contraintes. Les élèves peuvent décider de construire au moins deux indices d'une même catégorie, pour s'assurer que l'adversaire soit confronté à des indices construits s'il valide deux fois des cases correspondantes à la même catégorie lors du démasquage. Cette stratégie n'est pas très favorable du point de vue de l'apprentissage, car elle favorise peu la consultation de documents et la mise en relation des savoirs contenus. Néanmoins, elle permet aux élèves de s'assurer que l'adversaire ne va pas acquérir des caractéristiques à cause de la carence d'indices. Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit au moins deux indices correspondant à la catégorie « physique » lors de la même séance, donnant les valeurs de l'IMC et du facteur d'activité dans chaque indice :

2015-05-05_10:35:05; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice5;
2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon indice de masse corporelle est entre 23,3 et 23,5 à l'aide de la ressource 1";
2015-05-05_10:38:03; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice6;
2015-05-05_10:38:40; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon facteur d'activité est de 1,95 à l'aide de la ressource 7";

- SP4 : Construire au moins 2 indices correspondant à une même caractéristique, (2Imcr)

Chacune des catégories de caractéristiques du personnage peut contenir entre trois et quatre caractéristiques. Si les élèves construisent plus d'un indice par caractéristique, et si l'adversaire valide deux fois des cases correspondantes à la même catégorie, les élèves ont la possibilité de faire perdre du temps à l'adversaire, car l'adversaire n'obtiendra pas assez d'information sur les autres catégories pour démasquer le personnage. Du point de vue de l'apprentissage, cette stratégie n'apporte pas grand-chose car elle ne conduit pas les élèves à mettre en lien les savoirs présents dans les documents, ni les différentes dimensions du savoir qui forment le savoir visé.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit deux indices différents (troisième et septième ligne de trace), correspondant tous les deux à la caractéristique « consommateur » :

2015-05-05_10:49:43; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice4;
2015-05-05_10:50:41; Masquage; ChangerCarac; Consommateur;
2015-05-05_10:50:41; Masquage; ModifierIndice; Mon besoin en protéines par kg est situé autour de 1,7g . 04;
2015-05-05_10:51:08; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice5;
2015-05-05_10:52:44; Masquage; ChangerCarac; Consommateur;
2015-05-05_10:52:44; Masquage; ModifierIndice; J'aime autant les Napolitain que le jambon Aoste. Aliment n°101 et n°10;

- SP5 : Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories, de manière à compléter toutes les catégories du personnage (Ixct)

Les élèves peuvent décider de construire au moins un indice par catégorie. De cette façon-là, les élèves s'assurent que l'adversaire va trouver un indice quand il valide n'importe quelle case du plateau de démasquage. On peut considérer que cette stratégie peut conduire les élèves à consulter plusieurs documents, mais son apport à l'apprentissage n'est pas le plus fort.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit un indice différent dans chacune des quatre catégories des caractéristiques du personnage.

2015-04-28_10:47:14; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice5;
2015-04-28_10:47:34; Masquage; ChangerCarac; Poids;
2015-04-28_10:51:45; Masquage; ModifierIndice; Mon IMC est de 23,4;
2015-04-28_10:52:22; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice4;
2015-04-28_10:54:35; Masquage; ChangerCarac; Gout;
2015-04-28_10:55:06; Masquage; ModifierIndice; J'aime le sucré comme le salé;
2015-04-28_10:55:11; Masquage; CreerIndice; Contraintes->Indice4;
2015-04-28_10:55:18; Masquage; ChangerCarac; Maladie;
2015-04-28_10:57:33; Masquage; ModifierIndice; J'ai une maladie chronique dûe à une glycémie trop élevée;
2015-04-28_10:57:54; Masquage; CreerIndice; ES->Indice4;
2015-04-28_10:57:55; Masquage; ChangerCarac; Religion;
2015-04-28_10:59:54; Masquage; ModifierIndice; Les viandes autorisées doivent être Halal;

- SP6 : Construire au moins un indice pour chacune des caractéristiques correspondant à une même catégorie, pour remplir toutes les caractéristiques du personnage (Ixcr)

Les élèves peuvent décider de construire au moins un indice pour chacune des caractéristiques d'une catégorie, visant à réduire les possibilités pour l'adversaire d'obtenir assez d'information pour démasquer le personnage. Cependant, les élèves consulteront des documents d'une seule catégorie, ce qui réduit les possibilités que les élèves consultent et mettent en lien les documents disponibles dans les autres catégories de caractéristiques. Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit un indice différent pour chacune des quatre caractéristiques de la catégorie Physique :

2015-05-19_10:39:56; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice6;
2015-05-19_10:39:59; Masquage; ChangerCarac; Métier;
2015-05-19_10:41:44; Masquage; ModifierIndice; j'ai besoin de 60 grammes de protéines - 4;
2015-05-19_10:47:49; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice7;
2015-05-19_10:48:00; Masquage; ChangerCarac; AgeSexe;
2015-05-19_10:50:24; Masquage; ModifierIndice; mon métabolisme de base est de 1685,65 kilocalories - 2;
2015-05-19_10:50:24; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice8;
2015-05-19_10:50:30; Masquage; ChangerCarac; Poids;
2015-05-19_10:52:27; Masquage; ModifierIndice; sur la lune je ferai 120 Newton - 5;
2015-05-19_10:31:18; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice5;
2015-05-19_10:31:24; Masquage; ChangerCarac; Taille;
2015-05-19_10:33:27; Masquage; ModifierIndice; je fais 76,77 pouces - 32;

- SP7 : Construire plus d'un indice par document numérique (plxdN)

Les documents mis à disposition des élèves peuvent être également des étiquettes d'emballages de produits alimentaires, mais notre analyse se centre principalement sur les documents numériques. Les élèves peuvent décider de construire plus d'un indice à partir de l'information contenue dans un même document. De cette

manière, ils gagnent du temps, et mettent à profit de façon plus intensive le savoir contenu dans le document utilisé, mais ils ne visent pas le savoir qui consiste à mettre en lien l'information contenue dans les documents mis à disposition.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit deux indices différents en utilisant le document 24 :

2015-04-28_11:08:01; usr_12_to_11; Masquage; CreerIndice; Contraintes->Indice5;
2015-04-28_11:09:39; usr_12_to_11; Masquage; ModifierIndice; "Il faut que je surveille mon taux de glucide à prendre par jour ";
2015-04-28_11:09:39; usr_12_to_11; Masquage; ModifierRessources; 24;
2015-04-28_11:20:52; usr_12_to_11; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice6;
2015-04-28_11:21:28; usr_12_to_11; Masquage; ModifierIndice; "J'ai choisi de manger du sucré";
2015-04-28_11:21:28; usr_12_to_11; Masquage; ModifierRessources; 24;

- SP8 : Complexifier l'indice pour mettre en difficulté l'adversaire (CI)

Les élèves peuvent décider de mettre en difficulté l'adversaire, en complexifiant les indices pour embrouiller, confondre ou demander plus d'efforts pour que l'adversaire puisse déchiffrer la caractéristique masquée du personnage. Cette stratégie peut être riche du point de vue du savoir, si le savoir mobilisé est également riche, car elle oblige les élèves à mobiliser le savoir pour trouver des façons plus complexes de construire l'indice. Elle est également forte du point de vue de la réussite du jeu car elle oblige l'adversaire à investir du temps et de l'effort pour déchiffrer l'indice. Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont mélangé des données imprécises pour forcer l'adversaire à calculer l'âge du personnage, le forçant également à maîtriser le savoir relatifs aux chromosomes de chaque sexe. Bien que la caractéristique masquée (sexe et âge) ne dispose pas de documents associés, qui soient riches du point de vue du savoir, la stratégie est quand même importante et pourrait être plus significative, si elle était appliquée à une autre caractéristique, qui dispose de documents plus intéressants du point de vue du savoir.
" Il ou elle a eu son fils à 26 ans, son fils a maintenant 9 ans. Il a 2 chromosomes Y» ;

- SP9 : Construire des indices en utilisant le document « Religion et alimentation », de façon à gagner du temps (d10)

Lors d'un entretien d'auto confrontation, un binôme d'élèves nous a expliqué qu'ils aimaient bien utiliser le document 10 (Religion et alimentation) parce qu'ils pouvaient copier directement des phrases et les coller dans le jeu sous forme d'indices, ce qui leur permettait de gagner du temps. Bien que le gain de temps puisse être important pour la réussite du jeu, cette stratégie ne permet pas aux élèves de mobiliser le savoir contenu dans les documents. Possiblement, les élèves font de même avec d'autres documents, mais nous n'avons pas pu le repérer. Par ailleurs, cette stratégie semble être une pratique commune entre les joueurs de la classe étudiée. Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit deux indices en utilisant le document 10 « Religion et alimentation » pour masquer la religion du personnage (en rouge dans la dernière ligne) :

2015-04-28_11:10:43; Masquage; ModifierIndice; Pendant 40 jours les bonbons, l'alcool, la viande rouge et les pâtisseries sont interdits;
2015-04-28_11:10:43; Masquage; ModifierRessources; 10;

- SP10 : Construire un indice sans consulter de documents pour gagner du temps (Isd)

Les élèves peuvent décider de construire les indices directement, sans utiliser l'information scientifique contenue dans les documents. Mais il s'agit d'une stratégie de triche et elle est pénalisée. Les indices qui ne précisent pas le numéro du document avec lequel ils ont été construits ne sont pas pris en compte dans le score final. Par ailleurs, cette stratégie ne mobilise pas les savoirs visés.

Dans l'exemple ci-dessous, nous montrons que l'indice construit n'a pas le numéro de document associé :
2015-05-05_11:01:18; usr_13_to_14; Masquage; ModifierIndice; "Je mange du chat. Ressource Flouflou" ;
2015-05-19_11:01:03; Masquage; ModifierIndice; Je n'ai pas de vagin. Ressource Regardez votre anatomie ;
(Dans les deux exemples, les élèves ont construit un indice sans utiliser de documents)

- SP11 : Construire plus d'un indice avec la même information (non nécessairement provenant du même document), pour réduire les pistes que l'adversaire obtiendra du personnage à démasquer, à partir de chaque indice obtenu lors de l'étape du démasquage. (+Ixi).

Les élèves peuvent décider d'utiliser des variations d'une même information pour construire plus d'un indice. Ainsi, ils donnent moins de pistes sur le personnage à l'adversaire pour le démasquer. Ils mettent doublement à profit une même information. Cette stratégie se différencie de la SP7, parce que pour un même document il est possible d'utiliser des informations différentes pour élaborer des indices. Cette stratégie consiste alors à utiliser les variations d'une même donnée (par exemple la plus grande et la plus petite dimension d'une même chose, ou sa valeur positive et négative). Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit deux indices en utilisant des valeurs supérieures et inférieures au facteur d'activité :
2015-05-19_10:50:34; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice6;
2015-05-19_10:50:38; Masquage; ChangerCarac; AgeSexe;
2015-05-19_10:52:31; Masquage; ModifierIndice; J'ai un facteur d'activité supérieur à 1,55 (7);
2015-05-19_10:52:31; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice7;
2015-05-19_10:52:33; Masquage; ChangerCarac; AgeSexe;
2015-05-19_10:52:54; Masquage; ModifierIndice; j'ai un facteur d'activité inférieur à 1,95 (7);

- SP12 : Construire un indice à partir de plusieurs documents numériques (IpldN)

Les élèves peuvent construire un indice en utilisant plusieurs documents numériques, ce qui représente clairement le savoir visé du jeu, consistant à mettre en relation les différents dimensions de l'alimentation, à travers de la construction d'indices.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont construit un indice en utilisant les documents 34 et 24 :
2015-05-19_11:00:12; Masquage; CreerIndice; Contraintes->Indice7;
2015-05-19_11:00:34; Masquage; ModifierIndice; Je ne suis pas sujet des ressources 34 et 24;

3.2.3.6 Les stratégies possibles lors de l'activité de démasquage

Nous avons identifié dans le jeu MTAT, différentes stratégies que les élèves peuvent mettre en place pour démaquer les caractéristiques liées à l'alimentation d'un personnage que l'adversaire a masquées. Cela à partir de la consultation de documents numériques, auxquels ils ont accès pour prendre l'information scientifique, qu'ils utiliseront pour démasquer les indices construits par l'adversaire. Ce qui est souhaité, c'est que les stratégies que les élèves élaborent pour démasquer le personnage soient celles qui combinent la mobilisation des savoirs scientifiques contenus dans les documents, et des éléments leur permettant de gagner le jeu face à l'adversaire. Ci-dessous nous définissons et exemplifions ces stratégies.

- SP13 : Valider au moins 2 cases du plateau consécutivement, correspondant à une même catégorie (V2)

Pour obtenir les indices construits par l'adversaire de façon à démasquer le personnage, les joueurs peuvent décider de valider deux fois des cases d'une même catégorie. Cette stratégie leur permet de vérifier s'il y a des indices non construits dans cette catégorie qui leur permettent d'obtenir des caractéristiques du

personnage plus facilement. La valeur de cette stratégie du point de vue du savoir est faible. Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont validé deux fois des cases correspondant à la catégorie « Contraintes » :
2015-05-05_11:05:17; usr_4_to_3; Plateau; LancerDe; 3;
2015-05-05_11:05:18; usr_4_to_3; Plateau; Deplacement; (3;5);
2015-05-05_11:05:20; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (4;5);
2015-05-05_11:05:21; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (4;6);
2015-05-05_11:05:21; usr_4_to_3; Plateau; Destination; Contraintes;
2015-05-05_11:05:21; usr_4_to_3; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0;
2015-05-05_11:05:37; usr_4_to_3; Plateau; LancerDe; 6;
2015-05-05_11:05:40; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (4;9);
2015-05-05_11:05:42; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (3;8);
2015-05-05_11:05:43; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (4;7);
2015-05-05_11:05:44; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (4;6);
2015-05-05_11:05:45; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (5;6);
2015-05-05_11:05:46; usr_4_to_3; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-05-05_11:05:46; usr_4_to_3; Plateau; Destination; Contraintes;
2015-05-05_11:05:46; usr_4_to_3; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice1;

- SP14 : Valider des cases correspondant à quatre catégories différentes pour obtenir les caractéristiques où l'adversaire n'a pas construit d'indices (V4)

Les joueurs peuvent décider de valider une case par catégorie pour vérifier s'il y a des catégories où il n'y a pas d'indices, de façon à obtenir les caractéristiques correspondantes. Cette validation aléatoire peut les conduire à consulter des documents divers, mais il ne s'agit pas d'une stratégie très forte du point de vue du savoir.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont validé une case pour chacune des catégories :
2015-04-28_11:19:21; Plateau; LancerDe; 5;
2015-04-28_11:19:24; Plateau; Déplacement; (5;4);
2015-04-28_11:19:26; Plateau; Déplacement; (6;5);
2015-04-28_11:19:28; Plateau; Déplacement; (5;6);
2015-04-28_11:19:29; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-04-28_11:19:31; Plateau; Déplacement; (6;8);
2015-04-28_11:19:31; Plateau; Destination; Joker;
2015-04-28_11:19:35; Plateau; Joker; Physique;
2015-04-28_11:19:35; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0;
2015-04-28_11:21:15; Plateau; LancerDe; 3;
2015-04-28_11:21:17; Plateau; Déplacement; (6;9);
2015-04-28_11:21:18; Plateau; Déplacement; (6;10);
2015-04-28_11:21:19; Plateau; Déplacement; (7;10);
2015-04-28_11:21:19; Plateau; Destination; Choix;
2015-04-28_11:21:19; Plateau; IndiceObtenu; Choix->Indice0;
2015-04-28_11:21:50; Plateau; LancerDe; 6;
2015-04-28_11:21:51; Plateau; Déplacement; (8;9);
2015-04-28_11:21:52; Plateau; Déplacement; (7;8);
2015-04-28_11:21:53; Plateau; Déplacement; (6;8);
2015-04-28_11:21:54; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-04-28_11:21:55; Plateau; Déplacement; (5;6);
2015-04-28_11:21:55; Plateau; Déplacement; (4;6);
2015-04-28_11:21:55; Plateau; Destination; Contraintes;

2015-04-28_11:21:55; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0;
2015-04-28_11:23:23; Plateau; LancerDe; 4;
2015-04-28_11:23:24; Plateau; Déplacement; (4;5);
2015-04-28_11:23:25; Plateau; Déplacement; (3;5);
2015-04-28_11:23:27; Plateau; Déplacement; (2;5);
2015-04-28_11:23:28; Plateau; Déplacement; (1;4);
2015-04-28_11:23:28; Plateau; Destination; ES;
2015-04-28_11:23:28; Plateau; IndiceObtenu; ES->Indice0;

- SP15 : Démasquer sans consulter de documents pour gagner du temps (Dsd)

Les joueurs peuvent décider de démasquer les caractéristiques du personnage de l'équipe adverse, sans consulter les documents, ce qui est un problème en ce qui concerne la mobilisation du savoir, mais cette stratégie peut leur permettre de gagner de temps.
Dans l'exemple ci-dessous, nous montrons dans un extrait de transcription de la trace audiovisuelle de l'activité des élèves, qu'ils ont démasqué le goût du personnage par hasard, sans consulter les documents.

FIL **Elle choisit homme de 35 ans, puis elle va sur la catégorie goût**
GAR On va choisir Ali Baba dis moi qu'elle choisira::::: On choisit par hasard
FIL **Elle choisit finalement goût varié** Ok Nikel !

- SP16 : Démasquer une caractéristique en la déduisant à partir d'autres caractéristiques pour compenser un manque d'information (DO)

Les élèves peuvent décider d'utiliser l'information des caractéristiques déjà démasquées pour en démasquer d'autres. Cette stratégie conduit les élèves à approfondir le savoir et gagner du temps, mais elle est surtout efficace, tant du point de vue de l'apprentissage que du point de vue du jeu, quand ils n'ont pas assez d'information sur le personnage, parce que de cette façon-là ils peuvent l'en déduire. Cela leur permet d'une part de ré-mettre en lien l'information qu'ils ont déjà mobilisée, et de se mettre au niveau face à l'adversaire.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves calculent la taille et l'âge du personnage à partir du poids :

FIL Non, non, non dans la taille où on était déjà. Là-haut là **Elle revient à l'interface de démasquage et met des données sur la calculette** 1M80, 1,8 divisé par… il avait quoi ? 6 ? 75 au carré mais je vais faire à l'inverse, ok. 75 divisé par 1,8 au carré, ce n'est pas ça, et donc *Elle revient aux données de la taille et calcul sur la calculatrice* 1,6 au mètre au carré, c'est ça
GAR 1 95
FIL Je dirais, 1 95 et 75 ça c'est bon qu'on ait ça parce qu'on n'a rien d'autre

- SP17 : Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus (Dfm)

Les élèves peuvent décider de démasquer une caractéristique une fois qu'ils ont obtenu l'indice correspondant et qu'ils l'ont déchiffré (au lieu d'accumuler plusieurs informations déchiffrées pour démasquer plusieurs caractéristiques d'un seul coup). Cette stratégie est neutre (ni pertinente ni non pertinente) du point de vue du savoir, et peut d'avérer être une perte de temps, à cause des déplacements récurrents de l'interface d'obtention d'indices à l'interface de démasquage et inversement.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves ont obtenu un indice de la catégorie « Physique » et ils ont tout de suite démasqué la caractéristique « Métier » :
2015-04-28_11:19:21; Plateau; LancerDe; 5;
2015-04-28_11:19:24; Plateau; Déplacement; (5;4);
2015-04-28_11:19:26; Plateau; Déplacement; (6;5);
2015-04-28_11:19:28; Plateau; Déplacement; (5;6);

2015-04-28_11:19:29; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-04-28_11:19:31; Plateau; Déplacement; (6;8);
2015-04-28_11:19:31; Plateau; Destination; Joker;
2015-04-28_11:19:35; Plateau; Joker; Physique;
2015-04-28_11:19:35; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0;
2015-04-28_11:20:04; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage;
2015-04-28_11:21:08; Démasquage; ModifierCarac; Métier->1_moyen.png;

- SP18 : Démasquer plusieurs indices obtenus (Dpo)

Les élèves peuvent décider d'accumuler leurs indices pour démasquer l'ensemble des caractéristiques du personnage. Accumuler les indices peut permettre aux élèves de mettre en lien l'information qu'ils détiennent. Cela permet aussi de gagner du temps car cela réduit le nombre de clics pour se déplacer entre les interfaces du jeu.
Dans l'exemple ci-dessous, les élèves obtiennent un indice de la catégorie « physique » et deux indices de la catégorie « Contraintes » et ils démasquent plusieurs caractéristiques de ces deux catégories :
2015-04-28_11:19:30; Plateau; LancerDe; 5;
2015-04-28_11:19:33; Plateau; Déplacement; (5;4);
2015-04-28_11:19:35; Plateau; Déplacement; (6;5);
2015-04-28_11:19:36; Plateau; Déplacement; (7;5);
2015-04-28_11:19:37; Plateau; Déplacement; (8;5);
2015-04-28_11:19:38; Plateau; Déplacement; (8;4);
2015-04-28_11:19:38; Plateau; Destination; Physique;
2015-04-28_11:19:38; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0;
2015-04-28_11:22:32; Plateau; LancerDe; 2;
2015-04-28_11:22:34; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-04-28_11:22:34; Plateau; Déplacement; (6;8);
2015-04-28_11:22:34; Plateau; Destination; Joker;
2015-04-28_11:22:39; Plateau; Joker; Contraintes;
2015-04-28_11:22:39; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0;
2015-04-28_11:24:08; Plateau; LancerDe; 4;
2015-04-28_11:24:15; Plateau; Déplacement; (6;8);
2015-04-28_11:24:22; Plateau; Déplacement; (6;7);
2015-04-28_11:24:23; Plateau; Déplacement; (5;6);
2015-04-28_11:24:25; Plateau; Déplacement; (4;6);
2015-04-28_11:24:25; Plateau; Destination; Contraintes;
2015-04-28_11:24:25; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice1;
2015-04-28_11:24:45; Démasquage; ChangementOnglet; Démasquage;
2015-04-28_11:24:48; Démasquage; ModifierCarac; ModeleAlim->ModeleAlim;
2015-04-28_11:24:50; Démasquage; ModifierCarac; Religion->Religion;
2015-04-28_11:24:53; Démasquage; ModifierCarac; IDH->IDH;
2015-04-28_11:24:55; Démasquage; ModifierCarac; Métier->Métier;
2015-04-28_11:24:57; Démasquage; ModifierCarac; Taille->Taille;
2015-04-28_11:24:58; Démasquage; ModifierCarac; AgeSexe->AgeSexe;
2015-04-28_11:24:59; Démasquage; ModifierCarac; PouvoirAchat->PouvoirAchat;
2015-04-28_11:25:07; Démasquage; ModifierCarac; Maladie->diabete.png;
2015-04-28_11:25:16; Démasquage; ModifierCarac; Allergie->Allergie;
2015-04-28_11:25:18; Démasquage; ModifierCarac; Allergie->amande.png;

3.2.3.7 Les stratégies efficientes

Notre critère de « stratégies efficientes » correspond à la stratégie qui offre la meilleure association entre l'accès au savoir visé (la mise en relation des dimensions de l'alimentation) et la réussite du jeu (les critères primaires. Voir tableau 15, page 106). L'accès au savoir inclut à la fois l'utilisation d'une variété d'information, et la mise en rapport de la multi-dimensionnalité des choix alimentaires venant des raisons sociales et individuelles, que nous avons abordées dans la section 3.2.3.3, correspondant au savoir visé du jeu MTAT (santé, sport, enjeux planétaires et humains). Les activités ont des limites de temps, la réussite du jeu est ainsi en lien avec la possibilité de gagner du temps en simplifiant la démarche propre, et de faire perdre du temps à l'adversaire en complexifiant sa démarche (les critères secondaires). Une stratégie non efficiente par exemple est celle qui ne favorise pas la mise en relation des dimensions de l'alimentation, et ne conduit pas les élèves vers la victoire. Inversement, une stratégie efficiente, est celle qui conduit à mettre en relation des dimensions de l'alimentation, et qui conduit les élèves vers la victoire. Entre ces deux extrêmes, il existe différentes combinaisons qui ont plus ou moins d'intérêt du point de vue de l'apprentissage.

En fonction de ces variables, nous établissons une échelle qui va de +2 à -2. Où +2 représente la meilleure association entre accès au savoir et réussite du jeu, et -2 représente la plus mauvaise (Voir tableau 15, page 106). Les valeurs de cette échelle ont été décidées en fonction du nombre de variables (très forte, forte, neutre, faible et très faible). Ainsi, l'association la plus forte entre accès au savoir et réussite du jeu aurait la valeur très forte +2. Une association forte aurait la valeur représentée par +1, une association neutre entre accès au savoir et réussite du jeu aurait la valeur 0, une association négative entre accès au savoir et réussite du jeu aurait une valeur de -1, et la moins bonne association entre accès au savoir et réussite du jeu aurait une valeur de -2.

Concernant l'accès au savoir, on met davantage en valeur la mise en rapport des dimensions des choix alimentaires. Quant à la réussite du jeu, nous mettons en valeur le fait de faire perdre du temps à l'adversaire. L'objectif visé est que les élèves apprennent en jouant. Si en revanche, les élèves consultent plusieurs documents mais copient et collent l'information des documents pour l'utiliser comme indice, sans mettre en rapport les dimensions de l'alimentation, l'apprentissage ne sera pas effectif. Si les élèves se concentrent sur le fait de compléter les indices de toutes les caractéristiques du personnage sans prendre en compte l'adversaire, ils n'arriveront pas à comprendre comment gagner.

Tableau 15 : echelle de valeurs du critère « efficient »

Valeur	Accès au savoir		Réussite du jeu	
	Varier ou approfondir l'information	Mettre en rapport les dimensions de l'alimentation	Gagner du temps simplifiant	Faire perdre du temps en complexifiant
+2	Très forte	Très forte	Très forte	Très forte
+2	Forte	Très forte	Très forte	Très forte
+2	Forte	Très forte	Forte	Très Forte
+1	Forte	Forte	Forte	Forte
0	Neutre		Neutre	
-1	Faible	Faible	Faible	Faible
-2	Faible	Très faible	Faible	Très faible
-2	Faible	Très faible	Très faible	Très faible
-2	Très faible	Très faible	Très faible	Très faible

Chaque stratégie peut donner à l'élève une association différente entre ces deux éléments, dans les tableaux 15 et 16 (page 107), nous pouvons observer ces variations, et notamment les stratégies qui offrent la meilleure et la plus mauvaise association entre l'accès au savoir et la réussite du jeu pour chaque type d'activité. La stratégie SP9 « Utiliser le document 10 pour gagner du temps » par exemple, est une stratégie peu riche tant du point de vue du savoir que de celui de la réussite du jeu, car les élèves utilisent l'information du document 10 souvent en copiant et collant des phrases (sans vraiment mettre en rapport les dimensions de l'alimentation). De plus, l'utilisation de ce document n'est pas dirigée de manière à mettre en difficulté l'adversaire, ce qui serait plus ludique du point de vue de la réussite du jeu, mais à gagner du temps, ce qui éloigne le joueur de l'idée de jouer contre un adversaire, et le conduit à se concentrer plutôt dans le fait de réaliser la tâche en un minimum de temps.

En revanche, la stratégie SP12 « Construire un indice à partir de plusieurs documents » est par exemple celle qui offre l'association la plus avantageuse entre accès au savoir et réussite du jeu (très forte - très forte). Cette stratégie permet d'accéder à l'information de plusieurs documents et de la mettre en rapport pour construire un indice. Elle est aussi très forte du point de vue de la réussite du jeu, car elle permet de faire perdre du temps à l'adversaire en le conduisant à consulter plusieurs documents. On voit également dans les tableaux 16 et 17 (page 107), que les stratégies de masquage sont plutôt des stratégies efficientes.

Dans le tableau 16, nous attribuons une valeur de notre échelle à chacune des stratégies. Nous pouvons noter que, parmi les stratégies de masquage, celles qui présentent la plus forte association entre accès au savoir et réussite du jeu avec une valeur +2 sont : « complexifier l'indice » car les élèves mettent en relation des données et ces relations peuvent être difficiles à déchiffrer par les adversaires ; et « construire un indice à partir de plusieurs documents » car les élèves mettent en lien des savoirs divers dans un même indice, obligeant les adversaires à consulter plusieurs documents. La stratégie détenant le rapport le moins fort entre accès au savoir et réussite du jeu est « utiliser le document religion et alimentation » car il n'existe pas de véritable mise en lien des dimensions de l'alimentation dans le copier-coller, et les adversaires ne doivent faire aucun effort pour décoder l'indice. La stratégie « construire plus d'un indice par document numérique » est une stratégie neutre, car bien qu'elle permette d'approfondir le savoir contenu dans un document, elle ne favorise pas la consultation de plusieurs documents ni ne complexifie la démarche de l'adversaire, ni ne la favorise non plus. Nous pouvons noter que les stratégies les plus fortes sont celles appartenant à l'activité de masquage.

Tableau 16 : echelle pour visualiser les stratégies les plus et les moins efficientes, en fonction de qu'elles favorisent ou non l'accès au savoir et la réussite du jeu dans le masquage

Stratégie	Accès au savoir - Réussite du jeu	Valeur
Construire un indice à partir de plusieurs documents	Très forte	+2
Complexifier l'indice	Très forte	+2
Utiliser des calculs pour construire des indices	Forte	+1
Au moins 2 indices correspondant à une même catégorie	Forte	+1
Au moins 2 indices par caractéristique	Forte	+1
Au moins un indice par catégorie	Forte	+1
Au moins un indice par caractéristique de même catégorie	Forte	+1
Construire plus d'un indice avec la même information	Forte	+1
Construire plus d'un indice par document numérique	Neutre	0
Utiliser le document « Religion et alimentation »	Très faible	-2
Construire un indice sans consulter de documents	Triche	

Tableau 17 : echelle pour visualiser les stratégies les plus et les moins efficientes, selon si elles favorisent ou non l'accès au savoir et la réussite du jeu dans le démasquage

Stratégie	Accès au savoir - Réussite du jeu	Valeur
Valider des cases de quatre catégories différentes	Forte	+1
Démasquer une caractéristique à partir d'autres	Forte	+1
Valider au moins 2 cases du plateau consécutivement	Neutre	0
Démasquer sans consulter de documents	Neutre	0
Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus	Neutre	0
Démasquer plusieurs indices obtenus	Neutre	0

A partir de cette analyse, nous pouvons dire que le jeu MTAT, permet de construire plusieurs stratégies efficientes pour apprendre en jouant. Et que ces stratégies efficientes sont notamment visibles lors de l'activité de masquage. Nous pouvons également dire que la plupart des stratégies qu'il est possible d'élaborer pour apprendre en jouant le jeu MTAT sont des stratégies conduisant les élèves à apprendre, parce qu'il y a davantage de stratégies fortes et très fortes que de stratégies faibles.

3.3 Analyser l'usage d'une ressource numérique, pour évaluer son appropriation par les élèves

Nous explicitons ici la méthodologie que nous avons adoptée pour analyser l'usage du jeu et évaluer l'appropriation du jeu par les élèves, ce que nous avons représenté dans la troisième colonne de la figure 5. Pour répondre à la question « comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? », nous avons besoin :

- d'identifier les indicateurs génériques des niveaux d'appropriation dans la trace numérique ;

- d'identifier des indicateurs spécifiques par ressource à analyser, en lien avec sa structure (activités, actions et stratégies possibles) ;
- d'identifier les schèmes d'utilisation des élèves liés aux précédents.

Nous avons mené une étude sur l'appropriation du jeu MTAT consistant dans l'évaluation de l'appropriation à partir des traces numériques d'interaction, nous permettant le développement d'une méthodologie pour une analyse de l'appropriation à plus grande échelle.

Avec cette étude, nous visons à répondre à la question « Comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? », en vue de formaliser une méthodologie d'analyse basée sur les *traces numérique d'interaction* d'un collectif, dans le cas présent dans la *trace numérique d'interaction* d'une classe. Nous cherchons à transposer cette méthodologie pour l'évaluation automatique de l'appropriation d'autres ressources numériques à une grande échelle. L'analyse menée a consisté à collecter les indicateurs du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » à travers la *trace numérique d'interaction* de vingt binômes d'élèves. Dans le cas du jeu MTAT, les indicateurs des niveaux d'appropriation « explorer » et « maîtriser » ne sont pas repérables à travers la *trace numérique d'interaction*.

Nous nous nous sommes néanmoins interrogés sur la traçabilité des erreurs des élèves lors de l'activité d'apprentissage (un indicateur qui peut éventuellement être classé dans le niveau d'appropriation « explorer »). Pour se positionner à ce sujet, il faut d'abord se questionner sur ce qui peut être considéré comme une erreur ? Par exemple, peut-on considérer comme une erreur un essai que les élèves font pour se familiariser avec le jeu ? Quel est l'apport de cette exploration à l'appropriation du jeu par les élèves ? Peut-on identifier ce niveau d'appropriation à partir de la comptabilité du nombre ou de la fréquence de changement d'interface ? Quel type de conclusion pouvons-nous retenir de cette simple comptabilité ? C'est cette logique cela qui nous a conduit à nous concentrer sur la traçabilité du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies ».

3.3.1 La collecte des données

Ces traces sont collectées en format RTF via un outil de type cloud, qui permet d'installer localement un logiciel « Drive » sur le serveur. Ce logiciel a été adapté afin qu'il prenne les informations nécessaires à l'identification des tablettes à partir du nom de tablette, par exemple Tablette-02, Tablette-03…). Nous avons également utilisé cette identification pour individualiser le nom des fichiers de sortie de l'application (production des élèves et *trace numériques d'interaction*) ». Notons que dans sa version réseau, le jeu MTAT, « négocie de ne pas utiliser le même personnage que son adversaire ». « Plus précisément, au lancement du logiciel, le personnage (dont il faudra masquer les caractéristiques) est choisi aléatoirement à partir d'une base de personnages. Le premier client qui se connecte au serveur envoie son numéro de personnage et lorsque son adversaire fait de même, si le numéro est identique, le serveur demande au second client d'en choisir un autre. Ainsi, le logiciel utilise une configuration identique quel que soit le poste et écrit dans tous les cas dans des fichiers de sortie distincts. Ceci rend possible de déployer » plusieurs personnages « sur un ensemble de postes (par exemple un parc de tablettes), par simple copie du dossier contenant le programme et sans nécessiter de configuration spécifique par poste. Pour les fichiers en sortie (traces et productions) ayant des noms différents, il n'y a pas de risque de collision lors d'une synchronisation »[47].

[47] Extrait du Rapport sur les modalités de traçage du projet Tactiléo. (Daubias et Sanchez, 2015)

3.32 L'analyse manuelle

3.3.2.1 Le prétraitement des données

Nous avons récupéré la trace numérique d'interaction d'une classe lors de 5 séances. Néanmoins, nous avons trouvé plusieurs difficultés pour les analyser dans leur totalité, pour différentes raisons :

- le non-respect des consignes par quelques élèves (par exemple, le non déclaration des documents utilisés) ;
- les erreurs dans la trace (par exemple, pour quelques séances, des traces ne contiennent pas d'informations sur les caractéristiques des personnages que les élèves doivent masquer) ;
- la perte de l'ordre des tablettes prévu par les enseignants, pour garantir que chaque binôme d'élèves utilise la même tablette lors des 4 séances de la séquence d'apprentissage, s'est perdue. Car certaines des tablettes ont dû être remplacées dans chaque séance à cause de différents plantages (quelques tablettes n'ont pas démarré, dans quelques tablettes le jeu n'a pas fonctionné ou a planté, dans quelques tablettes le logiciel de traçage n'a pas fonctionné) ;
- le plantage du jeu dans quelques tablettes (quelques traces sont incomplètes car quelques tablettes n'ont pas démarré) ;
- le plantage du logiciel de récupération de la trace dans quelques tablettes (traces non récupérées) ;
- par ailleurs, la trace ne garde pas les données correspondant à l'authentification des élèves.

En conséquence, les données récupérées sont assez différentes d'une séance à l'autre et nous n'avons pas pu suivre le déroulement de l'activité des élèves en continu. Le tableau 18 indique les traces finalement recueillies. Nous pouvons noter par exemple que parmi les 20 tablettes disponibles par séance (première ligne du tableau), nous n'avons pu analyser que 7 traces dans les deux dernières séances (dernière ligne du tableau dans les colonnes des séances 4 et 5). C'est dans la séance 3 que nous avons pu analyser la plus grande quantité de traces (13). On peut le voir dans la dernière ligne du tableau. Par ailleurs, le non-respect des règles du jeu par certains des élèves qui n'ont pas déclaré les numéros de documents utilisés pour la construction d'indices, a encore réduit le nombre de traces effectivement analysées. Nous pouvons le voir dans l'avant dernière ligne (Non déclarants).

Tableau 18: rapport de la récupération de la trace par tablette

Données	Séance1	Séance2	Séance3	Séance4	Séance5
Total des tablettes	20	20	20	20	20
Tablettes actives	13	13	13	9	8
Traces récupérées	12	13	13	9	8
Non déclarants	2	2		2	1
Traces analysées	10	11	13	7	7

3.3.2.2 L'analyse des données

A cause des difficultés rencontrées pour la collecte des données, décrites ci-dessus, l'analyse de la *trace numérique d'interaction* pour l'ensemble des élèves de la classe est devenue une évaluation générale de l'appropriation du jeu MTAT. Cette analyse ne garde pas l'évolution de l'appropriation de chaque binôme d'élèves suivis, d'une séance d'apprentissage à l'autre. En conséquence, les données analysées sont celles que nous avons pu obtenir d'une façon irrégulière lors des 5 séances d'apprentissage (Il n'y a pas forcément de continuité dans les données obtenues lors de la séquence d'apprentissage). Par ailleurs l'analyse sera réduite à l'évaluation de l'indicateur du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » : « Manifester une stratégie en lien avec un objectif non explicité ». A partir de cet indicateur, sont analysables uniquement 16

des 18 stratégies possibles, car les indicateurs des stratégies SP15 « Démasquer sans consulter des documents pour gagner du temps » et SP16 « Démasquer une caractéristique en la déduisant à partir des autres pour compenser un manque d'informations » ne sont pas observables dans la *trace numérique d'interaction*. Nous avons d'abord procédé à une extraction des données de la trace manuellement, en remplissant une grille par stratégie identifiée, qui détermine le nombre de fois que cette stratégie est observée dans chaque trace pour chacune des séances (Voir annexe 2, page 149). Dans le tableau 26 (page 131), nous indiquons les résultats de l'analyse pour les stratégies les plus ou les moins utilisées dans chacune des deux activités qui composent la tâche : Masquage et démasquage. Nous indiquons également les documents effectivement utilisés par l'ensemble des élèves.

3.3.3 L'analyse automatique

3.3.3.1 Le prétraitement des données

Nous nous sommes confrontés au même problème de recueil de données que pour l'analyse manuelle de la *trace numérique d'interaction* décrite dans la section précédente. Nous avons mené une analyse encore plus globale de ces mêmes données d'une façon automatique. En effet, les données collectées de toutes les tablettes ont été prises en compte dans cette dernière analyse. Cela concerne les tablettes qui n'ont pas gardé la *trace numérique d'interaction* de l'activité d'apprentissage des élèves, pour certaines contraintes rencontrées déjà mentionnées dans la section précédente (plantage du logiciel de trace, du jeu ou des tablettes…), visibles dans les données avec des valeurs 0 (voir tableau 19). *A contrario* de l'analyse manuelle explicitée dans la section précédente, les données de l'analyse automatique (voir anexe 3, page 174) ne sont pas organisées par séance, mais par tablette. Ce qui signifie que les données de chaque tablette conservent une trace de l'activité réalisée par chacun des élèves qui ont utilisé le jeu pour jouer, et par chaque enseignant qui l'a testé, lors des cinq séances consacrées au jeu et lors des séances de test du jeu. (Il faut rappeler que les élèves n'ont pas utilisé la même tablette à chaque séance). Dans l'exemple ci-dessous, nous pouvons noter par exemple que la tablette 20 n'a pas été jamais utilisée, ou que ses données n'ont été jamais récupérées. C'est pour cela que ses données sont toutes égales à « 0 ».

Tableau 19 : exemple des tablettes qui n'ont gardée aucune trace numérique d'interaction

Tablette 15	46	11	5	0	1	0	1	1	0	0	0
Tablette 16	143	18	4	0	0	3	1	0	1	2	3
Tablette 17	41	5	1	1	2	0	0	1	1	0	0
Tablette 18	115	20	5	3	2	3	1	1	2	0	0
Tablette 19	51	7	1	0	2	1	1	0	1	0	1
Tablette 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3.1.1 L'analyse des données

L'analyse automatique de l'appropriation du jeu MTAT par la classe, à partir de la *trace numérique d'interaction*, vise l'évaluation de la mise en place des stratégies. Nous avons élaboré une feuille de route qui donne à l'informaticien, chargé de créer le logiciel d'analyse, la procédure à suivre. Des stratégies possibles que le jeu permet aux élèves d'élaborer. Nous nous intéressons au repérage des stratégies mises en place par la classe qu'il est possible d'identifier de manière automatique. Ces stratégies ont déjà été explicitées. Nous les reprenons ici pour spécifier la façon dont elles seront repérées dans la *trace numérique d'interaction* :

- SP4 Construire au moins 2 indices correspondant à une même caractéristique

Cette stratégie peut être identifiée en repérant deux séries d'obsels consécutifs contenant :

– la même caractéristique après l'action **ChangerCarac** (voir tableau 20, page 112) ;

- un indice différent créé en lien avec cette catégorie, après l'action **ModifierIndice**
- un document déclaré en lien avec l'indice construit, après l'action **ModifierRessources**

- SP5 Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories, afin de masquer toutes les catégories du personnage

Cette stratégie peut être identifiée en repérant 4 séries d'obsels consécutifs contenant :

- une catégorie différente après l'action **CreerIndice ou ModifierLigne** (voir tableau 20) ;
- un indice créé en lien avec cette catégorie, après l'action **ModifierIndice** ;
- un document déclaré en lien avec l'indice construit, après l'action **ModifierRessources**.

- SP6 Construire au moins un indice par chacune des caractéristiques correspondant à une même catégorie, afin de masquer le plus caractéristiques possibles du personnage

Cette stratégie peut être identifiée en repérant 4 séries d'obsels consécutifs contenant :

- la même caractéristique ; après l'action **ChangerCarac** ;
- un indice différent créé en lien avec cette caractéristique, après l'action **ModifierIndice** ;
- un document déclaré en lien avec l'indice construit, après l'action ModifierRessources.

- SP7 Construire plus d'un indice par document

Cette stratégie peut être identifiée en repérant les numéros des documents déclarés pour chaque indice construit lors de la séance, quand ces numéros ne se répètent pas.

- SP9 Construire des indices en utilisant le document « Religion et alimentation », de façon à gagner du temps (d10). Les élèves consultés ont déclaré qu'utiliser le document 10 était facile. Nous voulons donc repérer l'utilisation du document 10 dans la construction d'indices de la classe entière dans chacune des séances.

- SP12 Construire un indice à partir de plusieurs documents

Cette stratégie peut être identifiée en repérant les indices où les élèves ont déclaré avoir utilisé plus d'un document.

- SP13 Valider au moins 2 cases du plateau consécutivement, correspondant à une même catégorie.

Cette stratégie peut être identifiée en repérant l'obsel de l'action consistant à valider une case sur le plateau. Quand la catégorie à laquelle cette case appartient, se répète après le mot « Destination » ; dans la série d'obsels qui suit. Cela consiste à lancer le dé, se déplacer sur le plateau, valider une case et obtenir l'indice.

- SP14 : Valider des cases correspondantes à quatre catégories différentes pour obtenir les caractéristiques pour lesquelles l'adversaire n'a pas construit d'indices

Cette stratégie peut être identifiée en repérant l'obsel de l'action de valider une case par l'élève sur le plateau, quand la catégorie à laquelle cette case appartient est différente, après le mot « Destination » ; dans les 3 séries d'obsels suivantes. Cela consiste à lancer le dé, se déplacer sur le plateau, valider une case et obtenir l'indice.

- SP17 Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus

Cette stratégie peut être identifiée en repérant les séries d'obsels correspondant à l'obtention d'indices, suivis des séries d'obsels correspondant au démasquage, quand cette combinaison d'obsels se répète.

- SP18 Démasquer une fois que plusieurs indices sont obtenus

Cette stratégie peut être identifiée en repérant les séries d'obsels correspondant à l'obtention d'indices, suivis des séries d'obsels correspondant au démasquage, quand cette combinaison d'obsels ne se répète pas.

Tableau 20 : récapitulatif des actions identifiables dans les obsels de la trace

Action	Fonction
ChangerCarac	L'utilisateur change la caractéristique du personnage
CreerIndice	L'utilisateur crée un indice
ModifierIndice	L'utilisateur modifie un indice déjà créé
ModifierRessources	L'utilisateur change le numéro d'un document associé à un indice créé
ModifierLigne	L'utilisateur modifie un indice déjà créé

3.4 Les aspects éthiques pris en compte dans cette recherche

Dans ce paragraphe, nous explicitons les questions éthiques en lien avec notre thèse, le cadre légal et les précautions prises concernant les données personnelles et le droit à la vie privée des meneurs dont les activités ont été les objets d'étude de cette recherche.

3.4.1 Le cadre légal

3.4.1.1 Données personnelles

Depuis la loi 78-17 du 6 janvier 1978, toute constitution de fichier informatique contenant des informations personnelles doit faire l'objet d'une déclaration auprès de la CNIL. « *Constitue une donnée à caractère personnel toute information relative à une personne physique identifiée ou qui peut être identifiée, directement ou indirectement, par référence à un numéro d'identification ou à un ou plusieurs éléments qui lui sont propres. Pour déterminer si une personne est identifiable, il convient de considérer l'ensemble des moyens en vue de permettre son identification dont dispose ou auxquels peut avoir accès le responsable du traitement ou toute autre personne* »[48].

Les données sensibles sont celles qui sont associées à une identification (nom, prénom, INE, adresse postale, email, adresse IP, empreinte digitale, photo), des données qui traduisent un jugement sur la « valeur », les « performances », la santé ou le comportement des personnes, et l'association ou le croisement de ces données. « *Constitue un traitement de données à caractère personnel toute opération ou tout ensemble d'opérations portant sur de telles données, quel que soit le procédé utilisé, et notamment la collecte, l'enregistrement, l'organisation, la conservation, l'adaptation ou la modification, l'extraction, la consultation, l'utilisation, la communication par transmission, diffusion ou toute autre forme de mise à disposition, le rapprochement ou l'interconnexion, ainsi que le verrouillage, l'effacement ou la destruction* » [49].

Toute personne ayant des données personnelles dispose de 3 droits fondamentaux :

- Droit d'opposition : toute personne, pour des motifs légitimes, qui figure dans un fichier, peut s'opposer à ce que les données la concernant soient diffusées, transmises ou conservées[50] ;
- Droit d'accès : toute personne peut demander directement au responsable d'un fichier s'il détient des informations sur elle (site web, magasin, banque...), et demander à ce qu'on lui communique l'intégralité de ces données. L'exercice du droit d'accès permet de contrôler l'exactitude des données et, au besoin, de les faire rectifier ou effacer [51];

[48] https://www.cnil.fr/fr/loi-78-17-du-6-janvier-1978-modifiee
[49] https://www.cnil.fr/fr/loi-78-17-du-6-janvier-1978-modifiee
[50] https://www.cnil.fr/fr/le-droit-dopposition
[51] https://www.cnil.fr/fr/le-droit-dacces

- Droit de rectification : toute personne peut demander directement au responsable d'un fichier s'il détient des informations sur elle (site web, magasin, banque...), et demander à ce qu'on lui communique l'intégralité de ces données. L'exercice du droit d'accès permet de contrôler l'exactitude des données et de les faire rectifier ou effacer. [52]

3.4.1.2 Droit à la vie privée

La protection de la vie privée a été affirmée en 1948 par la Déclaration universelle des droits de l'homme des Nations Unies (art. 12) et, en France, l'article 9 du Code civil protège ce droit depuis la loi du 17 juillet 1970. La collecte de données sur l'origine ethnique, les opinions religieuses, politiques, syndicales… est interdite pour la constitution d'un fichier. Toute captation, tout enregistrement, toute publication des données permettant une identification, même indirecte, doit être soumise à une autorisation préalable de la personne concernée ou de ses représentants légaux si elle est mineure.

3.4.2 Mesures prises dans le cadre des travaux qui ont été conduits

Pour respecter la législation relative aux données personnelles, nous n'avons pas eu besoin de déclarer à la CNIL les fichiers de traçage, car ils ne contiennent pas d'informations personnelles. La trace ne garde pas l'identifiant de l'utilisateur et il n'est pas possible de retrouver l'identité d'un joueur. En respectant le droit à la vie privée, les données des élèves et des enseignants ne seront pas utilisées dans un but différent de celui de cette recherche. Les élèves ont été enregistrés et photographiés sous l'autorisation préalable de leurs parents ou personnes légalement en charge (Voir anexe 1 Documents, page 148). Nous ne transmettrons pas de données personnelles des élèves à l'extérieur de l'Union Européenne. Les enseignants et les élèves qui participent à cette recherche ont trois droits fondamentaux : droit d'opposition, droit d'accès et droit de rectification. Il est important de signaler que l'anonymisation[53] gêne le travail d'analyse didactique. Cela nous oblige à utiliser des identifiants numériques ou alphanumériques. Le projet Tactiléo a prévu d'assurer que les serveurs qui vont conserver les données du traçage « *soient hébergés en Europe et que les données des élèves ne soient JAMAIS transmises en dehors de l'Europe (même pour une sauvegarde)* ». Nous nous assurons également de sécuriser les transferts entre les applications et les serveurs et entre serveurs, pour conserver les données lors d'une durée supérieure à une année, car un « *élève peut utiliser Tactiléo sur plusieurs années et un enseignant avoir besoin de retrouver les traces du travail et des compétences évaluées les années précédentes* ». Nous avons prévu d'étendre la durée de conservation de ces données à la durée de la permanence de l'élève dans l'établissement.[54]

[52] https://www.cnil.fr/fr/le-droit-de-rectification

[53] L'anonymisation des données est composée de plusieurs techniques développées pour la protection des données stockées sur un serveur, ou pour protéger l'activité de réutilisation des données scientifiques. Parmi les données susceptibles d'être anonymisées sont les marques d'identification (les patronymes, les lieux de vie ou de travail, les institutions, les URLs de blogs ou de pages personnelles), les identifiants numériques (courriel, téléphone, MSN, Facebook, Twitter, (Reffay, Blondel, & Giguet, 2012).

[54] Daubias & Sanchez, 2015 : Rapport de modalités du traçage D6-A.

4 De la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, à l'appropriation d'une ressource numérique

Dans ce chapitre, nous indiquons et discutons les résultats obtenus dans le cadre des études dédiées à la modélisation de la conception et à l'évaluation de l'appropriation de ressources numériques. Ils répondent aux trois questions de recherche que nous avons posées dans le chapitre 2 : comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? Comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ? Et comment utiliser le modèle de conception et d'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation ?
En ce qui concerne la modélisation de la conception, les résultats portent sur l'identification de 18 tâches que la tablette permet de prescrire aux élèves et les schèmes d'utilisation possibles pour les réaliser, organisés par niveaux d'appropriation qu'ils favorisent. Avec ces tâches et schèmes, nous avons structuré un jeu de cartes pour prendre en compte la question de la dévolution (le transfert de la responsabilité de l'apprentissage à l'élève à partir de l'organisation d'un milieu d'apprentissage qui favorise l'autonomie) lors de la conception des ressources. Concernant les études sur l'évaluation de l'appropriation, les résultats portent sur l'identification des schèmes d'utilisation produits par les élèves pour réaliser les tâches prescrites pour être instrumentées par le jeu MTAT*,* notamment dans le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies », et sur les stratégies élaborées par une classe pour apprendre en jouant le jeu. Celles-ci sont mises en relation avec une échelle de stratégies efficientes qui prend en compte la construction du savoir visé et la réussite du jeu, en se concentrant sur l'apprentissage instrumenté par la ressource numérique.

4.1 Résultats et discussions des études concernant la modélisation de la conception

Dans ce paragraphe, nous rapportons les résultats obtenus :

- à travers les réponses à un questionnaire de chacun des groupes de conception du projet Tactiléo, portant sur les tâches que les potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques de la tablette mobilisée leur ont permis de prescrire aux élèves ;
- lors de deux séances dédiées à la conception de ressources numériques, portant sur l'utilisation d'un jeu de cartes, par deux équipes de conception du projet Tactiléo.

4.1.1 Les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette

La revue de littérature et la catégorisation des fonctionnalités de la tablette documentées dans le chapitre 2, nous ont permis d'identifier des opportunités reconnues par les groupes de conception du projet Tactiléo lors de la conception et de la scénarisation (la mise en valeur de certaines fonctionnalités par exemple, ou l'adéquation de certaines d'entre elles avec les activités menées, et les hypothèses concernant d'éventuelles améliorations des apprentissages) pour prescrire des tâches aux élèves. Nous mentionnons ici les résultats que nous avons obtenus à partir du questionnaire auquel ont répondu les groupes de conception du projet Tactiléo.

4.1.1.1 Les fonctionnalités mobilisées par les groupes de conception

Nous discutons les résultats obtenus à partir de l'analyse de l'utilisation des fonctionnalités de la tablette par les cinq groupes de conception du projet Tactiléo qui ont répondu au questionnaire (chaque groupe de conception comprend de 1 à 5 membres). Pour obtenir ces résultats, nous avons identifié les dimensions des fonctionnalités mobilisées que nous avons définies dans le chapitre 2 (manipulation, communication et traitement de données). Nous les représentons sous la forme de tableaux (tableaux 21, 22 et 23) pour avoir un aperçu global. La mise à profit de la dimension des fonctionnalités est signalée dans les tableaux sous la forme de cases grisées.

Tableau 21 : exploitation de la dimension manipulation

Dimensions	**Fonctionnalités**	**Géomatique (collège - lycée)**	**Sciences (primaire)**	**Électricité (collège)**	**Math - sciences (collège – lycée)**	**Co-disciplinarité (lycée)**
Multi-fonctionnalité	Interface d'interaction directe multimodale					
	Écran tactile					
Mobilité	Écran mobile					
Multi-compatibilité	Reconnaissance des objets					

Tableau 22: exploitation de la dimension communication (cases grisées)

Dimensions	**Fonctionnalités**	**Géomatique (collège - lycée)**	**Sciences (primaire)**	**Électricité (collège)**	**Math - sciences (collège – lycée)**	**Co-disciplinarité (lycée)**
Multi-fonctionnalité	Expérience multi-réseaux					
Mobilité	Appareil mobile et portable					
	Terminal mobile					
Multi-Compatibilité	Expérience multi-dispositifs					
	Interopérabilité					

Tableau 23 : exploitation de la dimension traitements de données

Dimensions	Fonctionnalités	Géomatique (collège - lycée)	Sciences (primaire)	Électricité (collège)	Math - sciences (collège – lycée)	Co-disciplinarité (lycée)
Multi-fonctionnalité	Capture					
	Collecte					
	Edition					
	Calcul					
	Représentation					
	Traçabilité					
	Affichage					
Mobilité	Capteurs inertiels intégrés					
Multi-Compatibilité	Capteurs additionnels					

4.1.1.1.1 Fonctionnalités utilisées par le groupe Géomatique

Ce groupe a élaboré des séances de type « classes de terrain en géologie et/ou géographie ». Il s'est servi de la mobilité de la tablette pour capturer des données sur le terrain, de la connectivité pour accéder à des ressources et des applications en ligne, et de la géolocalisation pour le repérage dans l'espace (à condition de disposer d'une connexion ou d'avoir téléchargé préalablement les fonds de cartes nécessaires). Ce groupe souligne l'intérêt de disposer, sur une tablette transportable, de « la totalité des outils de capture d'informations et de prise de notes ». Ainsi, « sur le terrain, l'outil tablette est avantageux car c'est un couteau suisse numérique ». Ce groupe a mis en relation cet aspect avec la possibilité d'obtenir une certaine autonomie des élèves sur le terrain.

4.1.1.1.2 Le groupe Sciences en primaire

Ce groupe a travaillé sur différentes situations pour l'enseignement de la biologie et a exploité l'interopérabilité pour le travail collaboratif. Ce groupe relève également que les tablettes permettent de « se déplacer facilement et d'échanger au sein d'un groupe, entre groupes, entre les classes, à l'extérieur ». Le groupe mentionne l'intérêt de capturer et d'éditer des données multimédia pour réaliser « des schémas propres, clairs, annotés, gommés, les compléter, les modifier » et la traçabilité qui permet aux élèves de « réviser, souligner les fautes ». Ainsi, « on mobilise facilement les écrits ».

4.1.1.1.3 Fonctionnalités utilisées par le groupe Électricité au collège

Ce groupe a travaillé sur l'électrocinétique au collège et a exploité la multimodalité pour conduire un travail de modélisation basé sur l'exploitation des analogies. La manipulation facile des tablettes est soulignée comme permettant « de faire les expériences avec le matériel électrique en même temps sur la tablette ».

4.1.1.1.4 Fonctionnalités utilisées par le groupe Math-Sciences

Ce groupe travaille sur « les fonctionnalités multimédia de la tablette (prise d'une vidéo de l'expérience menée en classe, création d'un rapport de la démarche suivie enrichi de photos du phénomène observé) ». Des logiciels qui tournent sur « les ordinateurs (GeoGebra par exemple) sont mobilisés dans le but de comparer leur exploitation sur des supports tactiles ou non. D'autres font appel à des applications spécifiques des interfaces tactiles mais non spécifiques des mathématiques, comme TactiléoCloud ou EtiGliss »[55]. Ce groupe relève l'intérêt des interactions directes avec l'écran pour « la construction des vecteurs et de leurs représentants avec le doigt [qui] aide certains élèves à mieux comprendre les notions se rapportant aux vecteurs : sens, direction, longueur ». Les autres fonctionnalités qui sont mobilisées sont en particulier la possibilité de capturer des données vidéo, qui permettent de visualiser un « phénomène éphémère difficilement reproductible » et la « rédaction par les élèves d'un rapport de leur démarche ». Par ailleurs, l'implication des « élèves dans la préparation d'une enquête et dans le recueil de données sur le terrain » a permis de donner du sens au travail statistique qui a été conduit sur ces données.

4.1.1.1.5 Fonctionnalités utilisées par le groupe co-disciplinarité

Ce groupe est composé par 6 enseignants de mathématique, physique-chimie et SVT au lycée, qui travaillent ensemble pour produire des ressources sur les disciplines scientifiques. Il met en avant l'intérêt des tablettes pour le recueil de données « non faisable habituellement » et l'intérêt de la mobilité en classe. Les tableaux 22 et 23 (pages 115 et 116) montrent que ce groupe a davantage mobilisé les fonctionnalités concernant les dimensions communication et traitement des données, alors qu'ils n'ont pas mis à profit la dimension manipulation auquel appartient l'aspect tactile de la tablette.

4.1.1.2 Mise à profit des fonctionnalités mobilisées pour prescrire des tâches

Le tableau 24 (page 118) montre les fonctionnalités de la tablette pour la prescription de tâches. Il faut en particulier relever la visualisation, l'écriture et la capture des données. Suivent la manipulation d'objets graphiques à travers l'écran tactile et la représentation. Les tâches les moins prescrites sont « géolocaliser », « calculer », « consulter des documents » et « partager ». Il convient de noter que la fonctionnalité « partager » a été exclusivement utilisée par le groupe Sciences primaire ; « géolocaliser » « consulter des documents » par le groupe Géomatique, « mesurer et calculer » par le groupe Math-science ; que les tâches « visionner et écouter », « annoter et rédiger » et « capturer des données » ont été prescrites par quatre des cinq groupes ; et que les tâches « mémoriser et remémorer » n'ont pas été prescrites.

Ces résultats apportent des pistes concernant la façon dont les enseignants perçoivent la tablette comme artefact informatique à introduire dans le système didactique, pour concevoir des *situations d'apprentissage instrumentées*. Les tâches prescrites ont davantage exploité le potentiel de traitement des données de la tablette : la capture, l'affichage et l'édition des images, sons et textes ; plutôt que le potentiel de l'écran tactile (la représentation et la manipulation d'objets graphiques). Il est important de signaler que le groupe Sciences primaire a prescrit des tâches de manipulation sur l'écran tactile. L'intérêt de telles tâches a été documenté par Bétrancourt & Bozelle (2012) qui souligne l'intérêt du geste porteur de sens pour la manipulation du concept de vecteur en mathématiques. D'autre part, les tâches qui lient la manipulation et la communication avec la mobilité, sont peu mises à profit par les groupes de conception interrogés. Plusieurs d'entre eux ont noté les difficultés documentées par Henderson & Yelow (2012) ; Genevois & Hamon (2016) ; Villemonteix & Khaneboubi, (2012) concernant l'utilisation de la tablette en dehors de l'espace scolaire, notamment en gardant la connexion Internet.

[55] http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/tactileo

Ces résultats nous ont conduits à structurer les potentialités des fonctionnalités de la tablette pour prescrire de tâches, de façon à offrir aux concepteurs de ressources numériques des outils d'appui, leur permettant de prescrire des tâches aux élèves en ayant conscience du potentiel de chacune des fonctionnalités de la tablette pour organiser un milieu didactique au sein duquel les élèves puissent gagner en autonomie dans leurs activités d'apprentissage. Le tableau 25 (page 119) montre les tâches permises par les fonctionnalités de la tablette, que nous avons catégorisées et classées par les niveaux d'appropriation du modèle d'appropriation, qu'elles favorisent.

Tableau 24 : mise à profit des fonctionnalités pour prescrire des tâches

Tâches	Géomatique (collège - lycée)	Sciences (primaire)	Électricité (collège)	Math - sciences (collège – lycée)	Co-disciplinarité (lycée)
Sélectionner Manipuler Organiser		■	■	■	
Représenter		■	■	■	
Mémoriser Se remémorer					
Visionner Écouter	■	■	■	■	
Géolocaliser	■				
Consulter des documents	■				
Mesurer Calculer				■	
Annoter Rédiger	■	■	■	■	
Capturer des données	■	■		■	■
Collecter des données				■	■
Partager		■			

Tableau 25 : catégorisation des tâches permises par les fonctionnalités, selon les niveaux d'appropriation

Niveau d'appropriation	Éléments des tâches permises par les fonctionnalités
Faire explorer	Suivre une présentation
	Consulter un tutoriel
	Consulter une aide
	Consulter une carte
	Consulter les règles du jeu
	Explorer librement
	Autre
Faire élaborer des stratégies	Sélectionner, manipuler et organiser
	Mémoriser ou remémorer
	Visionner ou écouter
	Calculer
	Annoter ou rédiger
	Géolocaliser
	Capturer des données
	Collecter des données
	Représenter
	Autre
Faire maîtriser	S'exprimer à travers un outil de communication
	Répondre à un questionnaire
	Réaliser un exposé, un compte rendu
	Autre

Pour le niveau dédié à l'exploration de la ressource (première ligne du tableau 25), les tâches s'appuient sur l'affichage des données et à la manipulation des éléments à l'interface, pour conduire les élèves à se familiariser avec la ressource, à travers la consultation d'aides et de tutoriels.

Pour le niveau consacré à conduire les élèves à élaborer des stratégies (deuxième ligne du tableau 25), les tâches peuvent s'appuyer sur différentes fonctionnalités correspondant aux dimensions manipulation, communication et traitement des données, pour conduire les élèves à s'engager dans les actions propres des activités d'apprentissage instrumentés. Ce qui distingue ces tâches de celles du niveau précédent, c'est l'objectif pour lequel les actions sont réalisées, dans le premier cas l'objectif est de se familiariser avec la ressource, dans le deuxième cas l'objectif est de résoudre le problème, ou la situation d'apprentissage.

Pour le niveau dédié à conduire les élèves à démontrer la maîtrise de la ressource (troisième ligne du tableau 25), les tâches peuvent s'appuyer sur des fonctionnalités liées au traitement des données, pour provoquer chez les élèves la formulation des objectifs visés avec les stratégies mises en place lors de la réalisation de la tâche. Cela afin qu'ils prennent conscience des savoirs qu'ils ont construits. C'est ainsi que les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, identifiées et classées comme résultats de cette étude, représentent le premier élément qui nous permet de modéliser la conception de ressources numériques. Celui-ci sert de noyau à la construction d'une méthodologie pour la conception de ressources numérique qui favorise leur appropriation par les élèves.

Ces tâches identifiées nous permettent de répondre à la question : comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques ? Nous y répondons en apportant l'un des aspects du milieu didactique sur lesquels les concepteurs des ressources numériques peuvent agir pour favoriser l'appropriation, à travers un processus de dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée*. Une fois ces éléments identifiés et classifiés, nous les mettons à disposition des concepteurs pour qu'ils les utilisent de façon consciente lors de la conception de la ressource. Ceci fait le lien de ces résultats avec ceux de l'étude suivante, visant la construction du modèle pour la conception et l'analyse de l'appropriation de ressources numériques. Bien que ces tâches soient identifiées à partir de la déclaration de l'activité de conception de cinq groupes de concepteurs, nous les avons catégorisées, de manière à couvrir davantage de tâches possibles à prescrire avec la tablette.

4.1.2 Favoriser l'appropriation d'une ressource numérique en s'appuyant sur un jeu de cartes lors de la conception

Les résultats que nous avons obtenus dans l'étude précédente, nous ont confirmé que les groupes de conception étudiés ont encore tendance à utiliser la tablette en mettant à profit notamment les fonctionnalités partagées avec l'ordinateur portable, alors que la tablette offre toute une palette de fonctions qui la distingue de l'ordinateur. Elle peut conduire les élèves à construire des schèmes d'utilisation également riches. C'est ainsi que nous avons élaboré un répertoire de tâches possibles à prescrire avec la tablette en lien avec les possibles schèmes d'utilisation que les élèves peuvent construire pour réaliser les tâches prescrites.

Nous avons en ce sens développé un jeu de cartes pour la conception de ressources numériques, pour donner un appui aux concepteurs leur permettant de favoriser l'appropriation de la ressource numérique par les élèves en considérant ces éléments lors de la conception de la ressource (Voir section 3.2.2.1 : Le jeu de cartes mis en expérimentation, dans sa version stabilisée). Ici nous exposons les résultats obtenus lors de l'expérimentation de ce jeu de cartes dans la conception de deux ressources numériques. Nous cherchons ainsi à donner un exemple de prise en compte des tâches et schèmes d'utilisation lors de la conception, qui favorise l'appropriation des ressources numériques par les élèves.

L'importance de bien définir ces éléments lors de la conception de la ressource numérique, est d'une part de transférer à l'élève la responsabilité de son apprentissage à partir de l'organisation d'un milieu didactique ; et d'autre part, de pouvoir définir les indicateurs pour évaluer l'appropriation de la ressource numérique *a posteriori*. Ainsi, l'utilisation du jeu carte a pour objectif de favoriser la créativité dans l'activité de conception ainsi que de servir d'appui à la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée*.

4.1.2.1 Premier cas d'étude : un musée virtuel créé par les élèves

Le contexte et la question de recherche :

Lors de cette expérimentation nous avons utilisé le jeu de cartes avec une équipe de conception composée de quatre enseignant des disciplines physique-chimie, mathématique, science de la vie et de la Terre et histoire. Nous cherchons à répondre à la question : « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de l'usage de ressources numériques visant son appropriation par les élèves ? » Autrement dit, nous avons cherché à vérifier si les éléments pour organiser un milieu didactique introduits dans le jeu de cartes, permettaient effectivement de produire des idées pour concevoir une ressource numérique. Dans cette séance de conception, une des enseignantes a convaincu ses partenaires d'une idée de ressource numérique qu'elle a conçue en utilisant le jeu de cartes mis à disposition.

Figure 27 : l'enseignante en train de formuler son idée :



Le déroulement de la séance de conception :

Tout d'abord, la carte « géographie » est mise sur la table, mais finalement un projet d'histoire est proposé par une enseignante aux autres : une journée « hors les murs » avec la visite des archives départementales de Haute-Savoie le matin (exploitation de documents relatifs à la Première Guerre Mondiale) et celle du Mémorial de Morette l'après-midi (Musée de la Résistance durant la Deuxième Guerre Mondiale). Puis les concepteurs ont concrétisé l'objectif d'apprentissage sur la thématique des guerres au XXe siècle. Il s'agit de permettre aux élèves de comprendre quels sont les caractères de la guerre au XXe siècle et quels sont leurs effets sur les sociétés européennes. Concernant la Première Guerre Mondiale, on axe la réflexion sur l'expérience combattante. Ainsi, l'enseignante indique :
« Pour ce qui est de la Deuxième Guerre, c'est l'aspect total de cette Guerre d'anéantissement qui est décrypté. L'intérêt de travailler aux Archives est de montrer aux élèves que l'Histoire se fabrique à partir de ressources diverses. Il est formateur pour des élèves d'avoir accès à des sources primaires afin de pouvoir les manipuler avec ce questionnement : Qu'est-ce qu'on peut tirer d'un document qui est brut ? De manière un peu différente, les documents présents dans un musée sont des documents déjà choisis et mis en scène (scénographiés). Or, les élèves peinent souvent à s'investir dans l'exploration d'un musée… et on passe finalement à côté de l'apport de connaissances recherché. Dès lors, comment s'approprier des connaissances qui sont dans un musée ? »

L'objectif d'apprentissage est finalement de montrer que l'Histoire est une construction. Trois thèmes peuvent être explorés : les combats, le deuil, le retour à la paix. Après un premier tour de jeu, une idée a convaincu l'équipe de concepteurs.

L'idée de ressource numérique à produire :

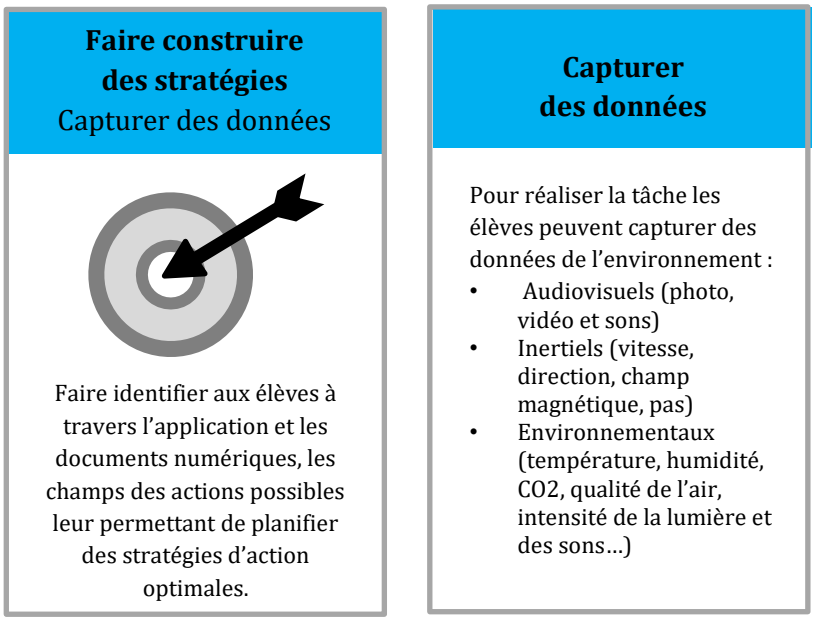
L'idée qui émerge consiste à produire une ressource qui permette aux élèves de prendre des photos dans les archives départementales, pour construire un musée. Dans son idée, l'enseignante a favorisé l'exploration de la ressource en conception, en mettant à disposition des élèves un tutoriel pour les aider à construire les salles du musée (Voir la figure 31, page 124). Elle a favorisé l'élaboration de stratégies par les élèves en prescrivant les tâches :

- Prendre des photos et les organiser sous la forme d'un musée virtuel (figure 28 et 29) ;
- Elaborer des guides audio pour accompagner les visiteurs lors de l'exposition (figure 32, page 124).

Nous avons retranscrit textuellement la formulation de l'idée par l'enseignante. Le texte est accompagné des images des cartes qu'elle déclare avoir utilisées pour construire son idée de musée virtuel :

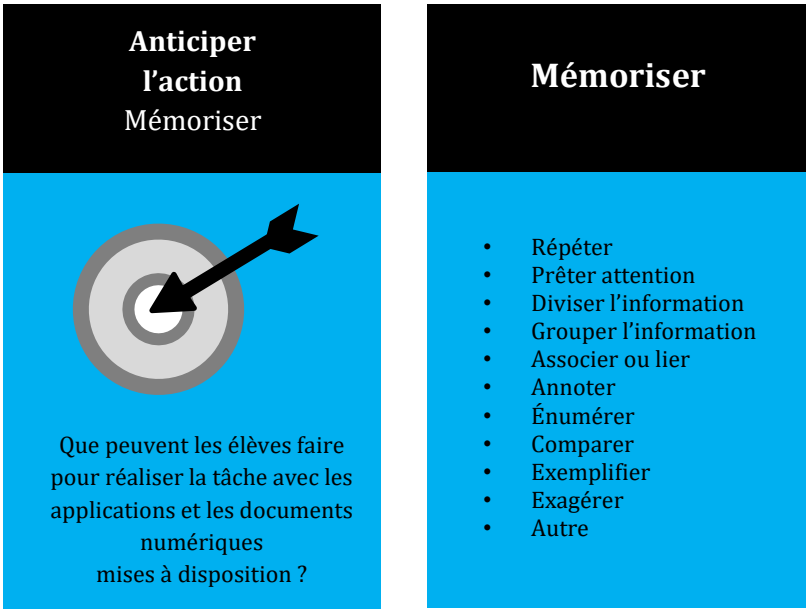
« Par rapport à mes cartes, moi j'ai la carte « capturer des données », je suis sur les matins (en référence à l'activité de la matinée) avec la prise de photos dans les archives, des documents qui peuvent être intéressants des trois côtés : deuil, combats et retour à la paix. Donc les élèves doivent essayer de prendre un maximum des photos sur ces choses-là, pour garder une trace de tout ça ».

Figure 28 : recto - verso de la carte « capturer des données », de la première version du jeu de



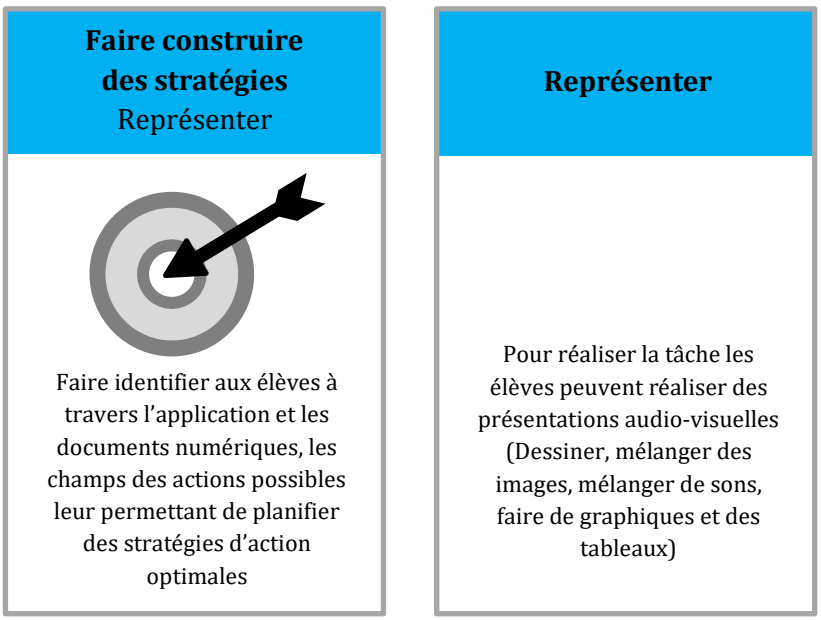
« Là j'avais le « mémoriser » et dans le mémoriser il y a plein de choses en fait, il y a : associer ou lier, annoter, énumérer et tout ça, donc en fait j'étais dans les prises de photos dans les deux parties, à la fois aux archives et à la fois l'après-midi et du coup ils doivent essayer de grouper aussi ce qu'il y a de trié pour les combattants ».

Figure 29 : recto - verso de la carte « mémoriser », de la première version du jeu de carte



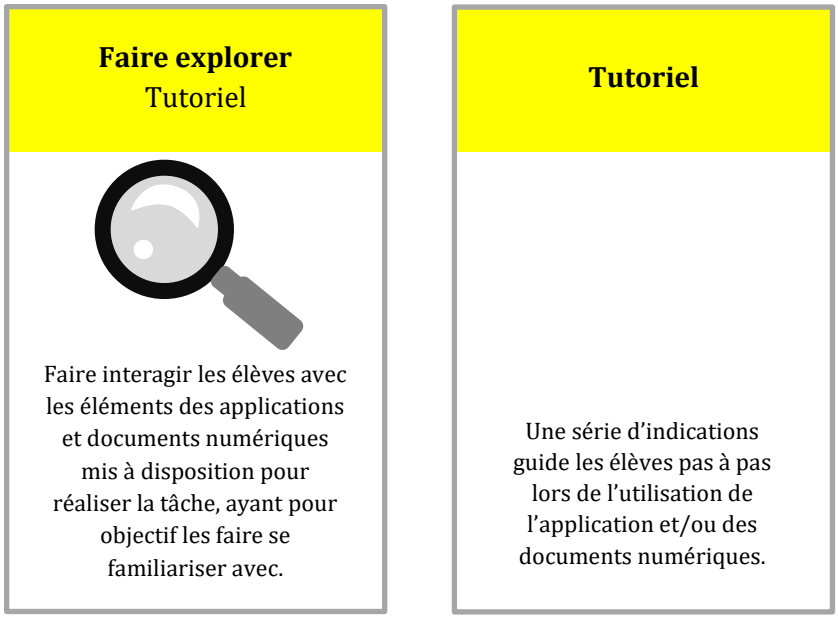
« Après j'ai le « représenter » et là je viens sur mon idée de Musée virtuel après, et en fait j'imaginerais bien d'inviter chaque groupe d'élèves à créer trois salles de musée, on va sur les trois pôles ».

Figure 30 : recto - verso de la carte « représenter », de la première version du jeu de cartes



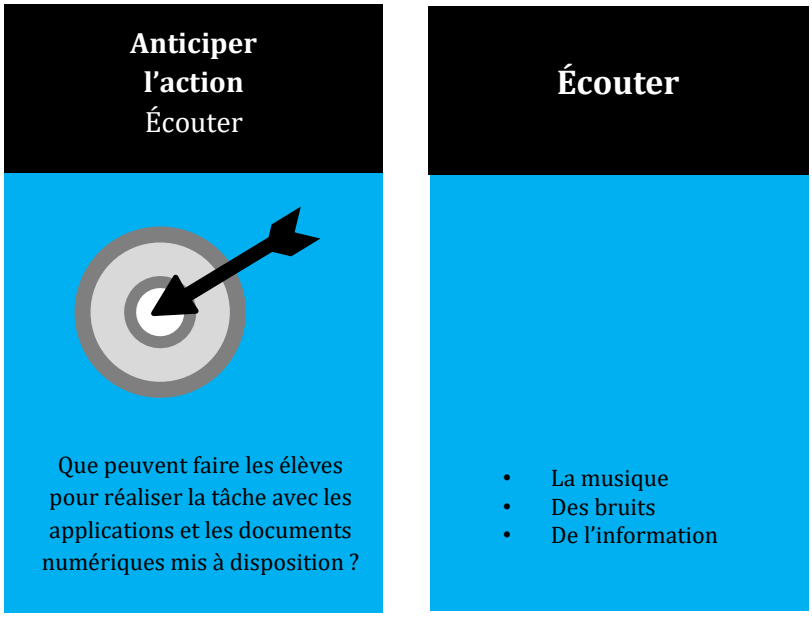
Et j'ai la petite carte « tutoriel » qui nous rappelle d'aider les élèves à faire les petites salles

Figure 31 : recto - verso de la carte « tutoriel », de la première version du jeu de cartes



« Et puis j'ai la carte « écouter » et du coup les élèves doivent aller consulter la visite. Quand je parle de visite virtuelle, c'est une disposition dans la salle. Donc c'est un tri des informations et des photos qu'ils ont, une disposition dans la salle et une visite guidée, en fait ils doivent commenter la visite aussi. Et les autres élèves doivent consulter les différentes visites et puis après les critiquer ou voir un petit peu ce qui se dégage ».

Figure 32 : recto - verso de la carte « écouter », de la première version du jeu de cartes



« L'idée de tout ça c'est aussi de montrer que chaque élève qui va créer son propre musée ne va pas forcément créer le même tri d'informations, qu'il ne va pas se guider de la même façon et on revient à l'objectif ».

La prise en compte de la question de l'appropriation :

L'enseignante porteuse de l'idée gagnante a favorisé notamment le niveau d'appropriation « Elaborer des stratégies » à partir des tâches : capturer des données, représenter, écouter et remémorer. En mobilisant des schèmes d'actions instrumentée concernant la tâche « capturer des données audiovisuelles » (les photos des archives et les sons pour guider les visites), le schème d'action instrumenté « mélanger des images pour construire la salle virtuelle », la tâche « écouter » de l'information (pour les guides des visites), plusieurs schèmes d'action instrumenté servant à la mémorisation (tels que « grouper », « comparer » et « exemplifier » l'information collectée, pour l'« organiser » sous la forme d'une salle virtuelle). L'enseignante a favorisé le niveau d'appropriation « explorer », à partir de la tâche : « tutoriel », pour guider les élèves dans la construction de la salle virtuelle. L'enseignante n'a pas pris en compte le niveau d'appropriation « maîtriser », elle ne disposait pas d'une carte correspondant à ce niveau-là (comme on peut le constater pour l'ensemble de cartes qu'elle a utilisé). Il a fallu modifier les règles du jeu pour que le niveau d'appropriation « maîtriser » soit davantage mis en valeur dans les séances de conception, par exemple en ne permettant pas aux enseignants de communiquer leurs idées aux autres, à moins qu'ils n'aient intégré une carte de chaque niveau au minimum.

Les commentaires recueillis lors du débriefing :

Les enseignants nous ont confirmé, lors du débriefing, que le jeu « est un brainstorming » « organisé », leur permettant de mettre à profit « la richesse » des tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette. En effet, le jeu de cartes semble favoriser la créativité des concepteurs, car ils disposent d'un répertoire de tâches leurs permettant d'organiser leurs idées, et de les proposer aux partenaires tout en gardant un vocabulaire commun établi par les cartes. Les propriétés du jeu favorisant la dévolution de la situation d'apprentissage et permettant de transférer la responsabilité de l'apprentissage aux élèves, n'ont pas été mentionnées.

4.1.2.1.1 Les conclusions de l'étude

Par l'intermédiaire de cette expérimentation du jeu de cartes pour la conception, nous avons constaté que si les enseignants pouvaient disposer d'un outil d'appui pour considérer les tâches qu'il est possible de prescrire aux élèves, et des chemins possibles pour les réaliser, ils pouvaient penser à favoriser l'appropriation de la ressource par les élèves lors de sa conception. Cela en organisant un milieu didactique qui met à profit les fonctionnalités de la tablette pour prescrire des tâches instrumentées aux élèves, concernant l'exploration de la ressource, la construction de stratégies et la formulation des savoirs en jeu. Cela afin de permettre aux élèves d'apprendre avec une certaine autonomie. Ces résultats contribuent à l'élaboration du modèle de conception et à l'analyse de l'usage des ressources numériques visant leur appropriation, en confirmant notre hypothèse, portant sur l'importance de structurer un outil pour offrir aux concepteurs des ressources numériques, pour réfléchir à l'organisation du milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée* (les tâches, les ressources numériques et l'anticipation des stratégies que les élèves peuvent mettre en œuvre pour les réaliser).

Il reste néanmoins à prendre en compte la manière dont le jeu aide à la prise en compte de la question de la dévolution de la *situation d'apprentissage instrumentée.* Cette dimension est importante pour que les concepteurs des ressources numériques puissent les utiliser de façon plus consciente, afin de transférer la responsabilité de l'apprentissage aux élèves à travers l'organisation du milieu didactique. Il s'agit d'un concept provenant de la didactique des mathématiques, dont les enseignants concepteurs d'autres disciplines n'ont pas nécessairement connaissance. Cela souligne l'importance de l'outil d'appui à la conception que nous avons développé, parce qu'il permet aux enseignants de prendre en considération la dévolution dans la conception de la ressource.

4.1.2.2 Second cas d'étude : un jeu au cours duquel les élèves effectuent un parcours pour reconstruire un paléo-paysage avec la tablette

4.1.2.2.1 Le contexte et la question de recherche

Pour cette expérimentation, nous avons utilisé le jeu de cartes pour la conception, lors d'une séance qui a impliqué deux équipes appartenant à un groupe de conception composé de trois enseignants, cinq informaticiens et deux chercheurs. Nous cherchons à répondre à la question : « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de l'usage de ressources numériques visant leur appropriation par les élèves ? » Nous souhaitions vérifier si le jeu de cartes de conception permettait effectivement de mettre à profit les fonctionnalités techniques de la tablette pour concevoir les ressources numériques appropriables par les élèves, lors de la mise en place des *situations d'apprentissage instrumentées*.

Au cours de cette séance de conception, une des équipes a convaincu l'autre de la scénarisation d'un jeu au cours duquel les élèves effectuent un parcours sur le terrain pour reconstruire un paléo-environnement en utilisant l'application TactiléoMap avec des tablettes. TactiléoMap est une application qui permet la conception de ressources numériques dédiées à la conception de jeux géolocalisés. Le jeu de cartes que nous avons mis à disposition des équipes de conception a été utilisé par cette équipe pour définir les tâches dans le scénario, que les élèves devaient réaliser lorsqu'ils effectuent leur parcours.

4.1.2.2.2 Le déroulement de la séance de conception

Les membres de l'équipe 1 se sont posé la question : Que doivent apprendre les élèves ? La séance les a amenés à définir un objectif de façon large. Le fait d'avoir exploré les cartes avant de commencer le jeu, a permis aux concepteurs d'utiliser le répertoire de termes contenus dans les cartes, pour définir l'objectif d'apprentissage. Cela est visible dans certaines phrases telles que :

Concepteur 1 : « Être capable de collecter »

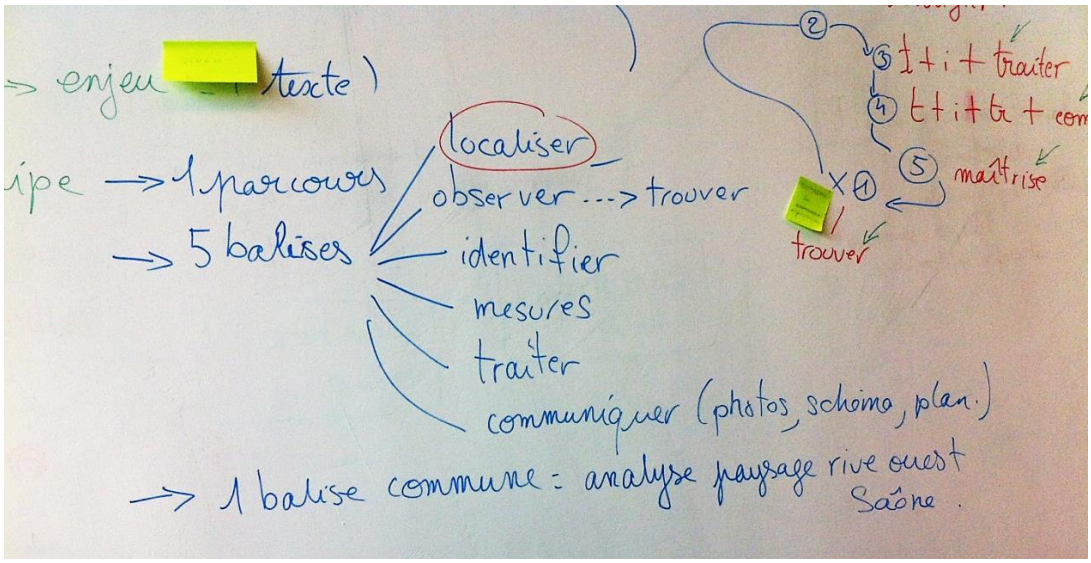
Concepteur 2 : « Est-ce que dans le traitement des données on peut inclure la représentation ? »

Concepteur 3 : « Oui, ça peut être la formulation »

Concepteur 4 : « Oui, c'est plutôt communiquer »

Les concepteurs ont utilisé les tableaux disponibles dans la salle pour prendre des notes de la discussion et schématiser leurs idées. Ils ont incorporé au tableau des Post-it contenant des notes complémentaires (Voir figure 33, page 127). Après une discussion de 10 minutes, l'objectif suivant est défini « L'élève doit être capable de : reconstituer un paléo-paysage à partir des données collectées sur le terrain ».
L'équipe 2 a initié la définition de l'objectif d'apprentissage à partir de l'idée suivante : apprendre à lire des indices permet de retrouver un paléo-environnement.

Figure 33 : schéma réalisé par l'équipe 1 sur un tableau

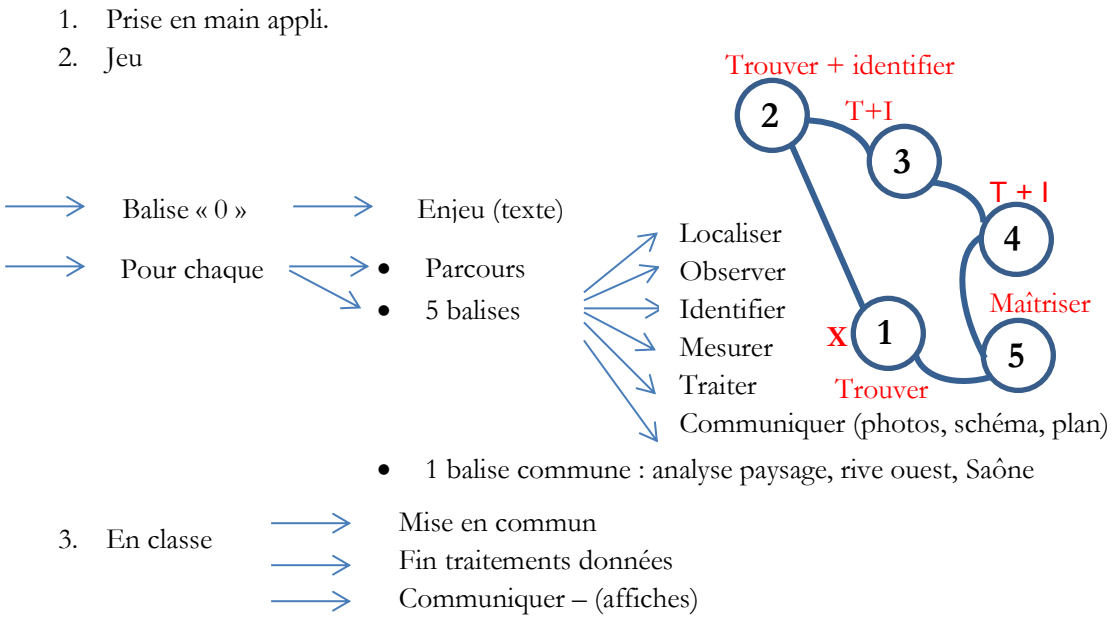


L'idée de l'équipe 1 :

Après un premier tour d'exposition des idées et de retours des idées exposées à partir de l'usage des cartes, l'équipe 1 s'est mise d'accord de partir de la carte « écouter » du groupe de cartes « élaborer des stratégies », pour mettre les élèves en situation de produire une histoire sonore des balises qu'ils devaient parcourir pour les étudier. L'équipe a également décidé de travailler par la suite en utilisant les cartes en même temps qu'ils scénarisent l'idée en construction. Ci-dessous, la figure 34 (page 128) est une reproduction du scénario élaboré par les concepteurs : la démarche doit commencer par la prise en main de l'application TactiléoMap pour concevoir le jeu (étapes 1 et 2 du scénario).

L'idée est de donner 5 balises différentes (des textes contenant les consignes de l'activité d'apprentissage) à chaque équipe d'élèves, puis de les inviter à suivre un parcours pour localiser les balises, les observer, les identifier, les mesurer et les traiter. Pour finalement les communiquer en classe avec des images. La communication a l'intention de conduire les élèves à maîtriser les savoirs en jeu. En réponse à une question posée, la situation est décrite de façon simplifiée par le concepteur 3 : « Il y a un bus qui s'arrête, dépose les élèves, les élèves en équipes ont des balises à trouver qui sont différentes » « Il y en a 5 à chaque fois, et 5 différentes, chaque groupe d'élèves va avoir une balise différente, et quand ils reviennent ils se disent : voilà comment je fais pour trouver la balise ? Voilà comment je fais pour trouver pour identifier la roche ? »

Figure 34 : schéma de l'idée gagnante



Finalement, l'idée de l'équipe 1 est exposée par le concepteur 3 (nous la transcrivons littéralement) :
« Ce que nous avons fait, c'est qu'on a repris le scénario, et le but de la séance pour l'organiser ça a été de pas tout casser, mais d'essayer de voir à quel endroit on pouvait faire des changements un peu raisonnables pour arriver à avoir des choses intéressantes pour améliorer le scénario du jeu. La manière dont les choses sont conçues c'est qu'il y a des arrêts qui sont les arrêts de bus, et à chaque arrêt de bus correspond un certain nombre de balises qui sont différentes pour les différents groupes, pour les différentes équipes, ce qui existait déjà. Et donc comme c'était organisé de cette manière-là, il y avait l'occasion à un moment de faire des espèces de débriefing.

Chacun va partir dans son coin, on revient et à ce moment-là chacun s'exprime en particulier sur les stratégies qu'ils ont mises en œuvre, et du coup on a l'idée là du *game over*, le but le premier c'est de juste trouver la balise, on ne va pas se servir de l'application, on s'en sert pour aller au bon endroit. Le deuxième c'est trouver la balise mais en plus l'identifier, chaque fois on ajoute des éléments qui sont des éléments d'apprentissage qui sont importants, et le fait que le débriefing permette aux élèves de maîtriser la stratégie qui est mise en place et donc de la réemployer pour la fois d'après. Normalement les équipes vont comprendre qu'il ne vaut pas la peine de partir dans tous les sens et qu'il faut utiliser l'application. Un arrêt correspond à un niveau du jeu où ils gagnent une fonction ».

L'idée de l'équipe 2

Les concepteurs ont envisagé une séance qui s'effectue en équipe. Chaque équipe doit aller sur le terrain et doit réaliser un schéma de ce qu'il y a sur le terrain. La tablette propose trois schémas pour que l'élève puisse choisir celui qui s'approche à ce qu'il a fait. Les points se gagnent en débloquant ou décryptant l'information disponible sur la tablette concernant ce qui est visible sur le terrain. Au cours de chaque arrêt sur le terrain, il y a la possibilité de gagner des points en pénalisant l'adversaire. A chaque arrêt, les élèves doivent répondre à un questionnaire. Avec chaque bonne réponse du questionnaire les équipes gagnent soit des points, soit elles obtiennent un mot de passe qui va leur permettre de débloquer l'information d'un autre arrêt. Quand une réponse n'est pas juste, les équipes n'obtiennent pas de points, mais la réponse leur sera donnée pour qu'elles puissent poursuivre la partie.

Le jeu est chronométré pour limiter le temps passé à chaque arrêt. Par exemple, quand les joueurs arrivent à un arrêt, ils touchent un bouton pour signaler le démarrage de la partie. L'équipe qui met le moins du temps pour répondre à la question est celle qui marque le maximum de points. En classe, les élèves réalisent un compte-rendu numérique. A travers Google-Earth, ils doivent indiquer ce qui est immergé et ce qui était émergé à l'époque, et repositionner la mer et l'océan pour faire apparaitre les parties immergées.

Les résultats du débriefing

Les apports du jeu de cartes sont relevés dans les commentaires des concepteurs lors du débriefing, pendant lequel ils ont déclaré que le jeu de cartes servait « d'appui à la conception ». Il permet en effet de réfléchir sur les différentes dimensions des fonctionnalités des tablettes. Les joueurs ont joué à construire des idées collectives en s'appuyant sur l'information contenue sur les cartes, au lieu de construire chacun une idée gagnante. En effet, ils ont eu tendance à utiliser plusieurs cartes en même temps de façon à les associer pour contribuer à l'idée collective. Lorsque la carte a des informations précises, elle s'est avérée facile à utiliser.

La prise en compte de l'appropriation par l'équipe 1

Les concepteurs n'ont pas favorisé l'exploration de la ressource lors de la conception. Ils se sont concentrés sur le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » et « maîtriser ». Les tâches pour favoriser le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » ont été :

- Ecouter ;
- Localiser les balises dans le parcours, les mesurer et traiter les données.

Le niveau d'appropriation « Maîtriser » a été favorisé en conduisant les élèves à communiquer les données traitées (les photos, les schémas et les plans).

La prise en compte de l'appropriation par l'équipe 2

Les concepteurs n'ont pas favorisé l'exploration de la ressource lors de la conception. Ils se sont concentrés sur le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » et « maîtriser ». La tâche exploitée pour favoriser le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » ont été de « représenter des environnements ou des objets ».
Le niveau d'appropriation « maîtriser » a été favorisé en conduisant les élèves à « répondre un questionnaire et participer à un débriefing ».

4.1.2.2.1 Les conclusions de l'étude

A partir de cette séance, nous avons pris la décision de mettre à disposition des concepteurs une carte contenant les règles du jeu, car ils ont détourné l'usage du jeu prévu, notamment en produisant une idée collective plutôt qu'une idée par joueur, ce qui a réduit le nombre d'idées produites et le temps consacré à choisir la meilleure. Lors de la première expérimentation du jeu de cartes, nous avons accompagné les concepteurs et guidé le processus de conception tout en contrôlant la bonne utilisation des cartes car les règles du jeu étaient peu formalisées.

Mais dans la deuxième expérimentation, le scénario d'expérimentation a changé : à la différence des 4 enseignants suivis dans la première expérimentation, dans la deuxième expérimentation nous avons suivi un grand groupe de conception, que nous avons dû diviser en deux équipes de 5 personnes. Ce qui a rendu impossible de conduire un accompagnement personnalisé de l'activité de conception, ne nous permettant pas de jouer le jeu avec les participants, et de guider l'utilisation du jeu de cartes. Cela a entraîné des difficultés pour conduire les concepteurs à utiliser les cartes comme nous l'avions prévu.

Par ailleurs, il est à noter que dans l'équipe de concepteurs qui a produit l'idée gagnante, certains participants connaissaient bien le concept de dévolution et son application pratique dans le jeu de cartes, ce qui a d'une part favorisé la prise en considération du niveau d'appropriation « maîtriser », même en revanche le niveau « explorer » a été ignoré par les deux équipes participantes.

Nous avons néanmoins constaté que formaliser les éléments de l'apprentissage instrumenté (les tâches qu'il est possible de prescrire avec la tablette, et les schèmes d'utilisation pour les réaliser) est utile pour la conception d'une ressource numérique, ceci afin de favoriser son appropriation par les élèves. Le jeu permet aux concepteurs de mettre à profit les fonctionnalités de la tablette pour organiser le milieu didactique. En effet, les cartes aident les concepteurs à préciser les tâches que les élèves doivent réaliser, et à anticiper la façon de le faire. Par exemple dans la première expérimentation la carte « capturer des données » a permis à l'enseignant de prescrire aux élèves la tâche de prendre des photos des documents des archives et de les utiliser pour créer un musée. Cet appui les aide ainsi à concevoir la ressource numérique.

4.2 Les résultats concernant l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT par une classe

Les résultats de la mise en expérimentation du jeu de carte nous ont montré qu'il est, dans une certaine mesure, possible d'anticiper l'appropriation d'une ressource numérique dès sa conception. Nous avons étudié cette anticipation en analysant des ressources numériques en conception, dans une situation où il s'est avéré nécessaire de définir l'objectif d'apprentissage. Avec les résultats des études que nous allons montrer dans la suite de ce travail, nous voulons démontrer qu'il est possible d'évaluer l'appropriation d'une ressource numérique pour remettre en perspective les variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie de la ressource numérique, afin de favoriser l'apprentissage en autonomie.

Pour évaluer l'appropriation d'une ressource numérique, nous devons nous concentrer sur une ressource numérique ayant un niveau de développement pédagogique et technique assez élevé, pour pouvoir identifier les indicateurs dans les traces de l'activité d'apprentissage des élèves. Ainsi, nous avons décidé de réaliser l'analyse sur le terrain du jeu MTAT. Parmi les ressources numériques disponibles au sein du projet Tactiléo, le jeu MTAT était celui qui avait le plus haut niveau de développement pédagogique et technique.

Nous présentons dans cette partie l'étude des résultats provenant de l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT à partir de la *trace numérique d'interaction* d'une classe, de façon manuelle et automatique. Cette analyse inclut également un rapport de l'utilisation des documents numériques par la classe.

4.2.1 L'analyse manuelle

4.2.1.1 L'interprétation des données recueillies

Le tableau 25 a été élaboré de manière à mettre en lien chaque stratégie possible construite par la classe, et organisée par fréquence d'utilisation, de la plus utilisée à la moins utilisée. Avec sa valeur respective, relative à l'échelle des stratégies efficientes que nous avons définie dans le chapitre 3 (3.2.3 Analyse *a priori* du jeu MTAT). Dans cette analyse, nous avons repéré que :

- la stratégie utilisée 135 fois a été « Démasquer au fur et à mesure de l'obtention d'indices » ;
- les stratégies les moins mises en place ont été « Construire un indice à partir de plusieurs documents numériques » (3 fois) (Cette stratégie est pourtant l'une de celles qui offrent la meilleure combinaison entre accès au savoir et réussite du jeu (+2) (indiqué en jaune dans le tableau 26, page 131). Elle permet de mettre en lien plusieurs savoirs et d'obliger l'adversaire à consulter plusieurs documents et à perdre du temps). Finalement la stratégie « Complexifier l'indice pour mettre en difficulté à l'adversaire » (13 fois) qui a également une valeur très positive dans l'échelle des stratégies efficientes (+2) ;

  Entre les deux stratégies d'obtention d'indices disponibles, les élèves ont préféré « Valider consécutivement au moins deux cases du plateau correspondant à une même catégorie » (46 fois) à « Valider des cases correspondantes à chacune des quatre catégories » (22 fois). Les élèves ont préféré la stratégie de démasquage « Démasquer au fur et à mesure qu'ils obtenaient les indices » (135 fois) à « Démasquer plusieurs indices obtenus » (80 fois).

Tableau 26 : stratégies mises en place par la classe

Stratégie possible	Stratégies mis en place	Valeur
Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus	135 fois	0
Utiliser des calculs pour construire des indices	127 fois	+1
Construire au moins 2 indices correspondants à une même catégorie	108 fois	+1
Construire au moins 2 indices correspondants à une même caractéristique	82 fois	+1
Démasquer plusieurs indices obtenus	80 fois	0
Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories	64 fois	+1
Valider au moins 2 cases du plateau correspondant à une même catégorie	46 fois	-1
Construire des indices avec le document « Religion et alimentation »	38 fois	**-2**
Construire un indice sans consulter de documents	31 fois	Triche
Valider des cases correspondantes à quatre catégories différentes	22 fois	+1
Construire plus d'un indice par document numérique	21 fois	0
Construire au moins un indice par caractéristique	19 fois	+1
Construire plus d'un indice avec la même information	15 fois	0
Complexifier l'indice pour mettre en difficulté l'adversaire	13 fois	**+2**
Construire un indice à partir de plusieurs documents numériques	3 fois	**+2**

Tableau 27 : l'utilisation des documents par la classe

Documents utilisés	Séance1 10 traces	Séance2 11 traces	Séance3 12 traces	Séance4 7 traces	Séance5 7 traces	Totale
10 Religion et alimentation	5	10	12	6	6	**39**
67 Pouvoir d'achat	4	6	12	7	7	36
65 IDH	1	6	11	5	7	30
7 Métabolisme de base A	2	7	9	5	5	28
1 Indice masse corporelle	5	7	8	3	2	25
66 Modèle alimentaire	2	4	7	5	7	25
64 Goût	3	6	5	4	6	24
4 Besoins de protéines	1	6	6	6	4	23
32 Mesures de longueurs	3	5	7	2	4	21
2 Métabolisme de base	1	5	6	3	5	**20**
28 Allergies alimentaires	1	1	3	5	4	**14**
34 Alimentation cholestérol	1	2	8		2	13
24 Diabète	1	5	1	1	4	12
17 Manger écologique	1	2	3	3	1	10
5 Masse et poids	1		4	2	2	9
8 LPG et sport	1	1	3	1	3	9
12 Manger bio		1	3	1	2	7
23 Amande en cuisine	2	2	2	1		7
13 Végétarien / végétalien		1		1	2	4
31 Protéine A / V					1	**1**
38 Carbohydrates			1			**1**
Total	35	77	110	61	74	**358**

Le tableau 26 (page 131), montre que la stratégie efficiente a été la moins utilisée. En revanche, la stratégie la plus utilisée est neutre, ce qui signifie qu'elle n'est pas celle qui offre la meilleure ni la moins bonne association entre accès au savoir et réussite du jeu. Ce tableau nous permet d'avoir une vision générale du comportement de la classe en ce qui concerne l'appropriation de la ressource par les élèves, concernant l'indicateur du niveau d'appropriation « Elaborer des stratégies » : Manifestation d'une action en lien avec un objectif non explicité. Ces résultats montrent qu'une réingénierie du jeu MTAT est nécessaire.

Les données présentées dans le tableau 27 (page 132) indiquent qu'au total, les élèves de l'ensemble de la classe ont construit 358 indices, à partir de la consultation de 21 des 33 documents numériques disponibles. Sur ces 21 documents, 14 ont été utilisés au moins une fois dans chacune des cinq séances. Le document le plus utilisé est « Religion et alimentation » (39 fois). L'utilisation de ce document représente une des stratégies montrées dans le tableau 26 (page 131) étant celle qui a la plus petite valeur dans l'échelle des stratégies efficientes. Le document « Pouvoir d'achat » est utilisé 36 fois.

L'utilisation de ce document est associée à la construction des indices contenant des calculs, une stratégie efficiente. De l'« Indice de Développement Humain » (30 fois), du « Métabolisme de Base » (28 fois) et de l'« Indice de Masse Corporelle » et le « Modèle alimentaire » (25 fois). Ces documents sont également liés aux catégories des caractéristiques : environnement socioculturel, contraintes, et physique. Les documents les moins utilisés sont : « Protéines animales / végétales » et « Carbohydrates » (1 fois) qui indique la consommation énergétique selon l'activité. Lors de la séance 3, les documents « Religion et alimentation » et « Pouvoir d'achat » ont été utilisés par la classe toute entière. Dans la séance 4, c'est le document « Pouvoir d'achat ». Dans la séance 5, ce sont les documents « Pouvoir d'achat », « Indice de Développement Humain », et « Modèle alimentaire » qui ont été les plus utilisés par la classe toute entière.

Cela signifie qu'à partir de la séance 3, le document « Pouvoir d'achat » est devenu le plus utilisé par la classe concernant l'étape de masquage du personnage (en orange dans le tableau 27 (page 132). Ce résultat montre que les élèves mettent à profit les savoirs acquis dans les séances précédentes, évitant ainsi la consultation des 12 documents restant ou réduisant la consultation des 8 documents utilisés de façon peu fréquente (moins de 10 fois).

4.2.2.1.2 Les difficultés rencontrées

Tel que nous l'avons mentionné dans le chapitre 3. A cause de difficultés dans la collecte des données, (voir les tableaux 18 et 19) que les plantages des tablettes, du jeu et du logiciel de collecte de la trace, ainsi que le fait que la trace ne gardait pas l'identifiant de l'élève) ; l'analyse de la *trace numérique d'interaction* d'une classe avec le jeu MTAT n'a pas pu être menée pour d'autres binôme d'élèves (nous ne pouvons pas repérer la variabilité de l'appropriation entre binômes ni entre séances). Ce que nous avons fait est une évaluation globale des stratégies mises en place et des documents utilisés, par les binômes dont nous avons pu récupérer la trace de l'activité, de manière irrégulière d'une séance à l'autre.

4.2.2.2 L'analyse

La démarche consistant à passer de l'analyse manuelle à une analyse automatique a été marquée par une série de difficultés techniques, que nous explicitons après l'interprétation des résultats. Nous avons néanmoins obtenu des résultats intéressants qui nous ont permis de valider notre méthodologie.

4.2.2.1.1 L'interprétation des données recueillies

Parmi les stratégies qu'il est possible d'identifier à partir de l'analyse automatique et de l'analyse manuelle (voir tableau 28), la stratégie « Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus » est dans les deux cas la plus mise en place, la moins fréquente est « Construire au moins un indice par caractéristique ». Malgré les modalités différentes dans la manière de conduire ces analyses (Voir la section 3.3.2) nous notons qu'au moins en ce qui concerne les stratégies traçables de façon automatique, les résultats de l'analyse manuelle et automatique sont similaires, en ce qui concerne les stratégies les plus mises en place.

Tableau 28 : les résultats de l'analyse automatique

Stratégie possible	Stratégies mis en place	Valeur
Démasquer au fur et à mesure que les indices sont obtenus	335 fois	0
Construire au moins 2 indices correspondant à une même caractéristique	279 fois	+1
Construire au moins 2 indices correspondant à une même catégorie	261 fois	+1
Valider au moins 2 cases du plateau correspondant à une même catégorie	127 fois	-1
Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories	56 fois	+1
Valider des cases correspondant à quatre catégories différentes	49 fois	+1
Construire au moins un indice pour chacune des caractéristiques	7 fois	+1

Malheureusement, dans le cas du jeu MTAT, les stratégies traçables de façon automatique ne sont pas les stratégies efficientes. Néanmoins, nous pouvons voir dans le tableau 28 que la stratégie la moins utilisée a une valeur positive, que la plus utilisée est neutre, et que l'une des stratégies en rang intermédiaire a une valeur négative. Les deux stratégies de masquage les plus utilisées ont des valeurs positives. Cette analyse doit conduire les concepteurs du jeu à modifier les variables didactiques, pour que la stratégie « Construire

au moins un indice pour chacune des caractéristiques » qui a une valeur positive (c'est-à-dire plus ou moins efficiente) soit davantage utilisée par la classe, ainsi que les stratégies « Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories » et « Valider des cases correspondant à quatre catégories différentes ».

4.2.2.1.1 Les difficultés rencontrées

Un des principaux problèmes rencontrés dans l'analyse automatique de l'appropriation du jeu MTAT à partir de la *trace numérique d'interaction*, est le manque de précision dû à la complexité de la structure du jeu, et à certains dysfonctionnements. Par exemple, les élèves devaient déclarer le numéro des documents numériques qu'ils avaient utilisés pour construire chaque indice. Pour ce faire, le jeu mettait à disposition des élèves une interface qui permettait de récupérer la trace de cette déclaration. Mais cette interface a planté lors de l'expérimentation. Ainsi, les enseignants ont demandé aux élèves de déclarer le numéro de la ressource utilisée, sur la même ligne que l'indice. La réponse à cette demande s'est faite d'une manière trop diverse pour pouvoir différencier de manière automatique, dans la trace, le numéro de la ressource utilisée et des valeurs propres à l'indice (tels que l'IMC, l'âge, le poids…). Nous montrons quelques exemples de cette diversité :

Cas 1 : Pour quelques tablettes l'interface a fonctionné, et l'information du document utilisé par les élèves dans la construction de l'indice, apparait comme prévu par le programmeur (ModifierRessources ; numéro du document) ;
"Sur l'étiquetage de mes produits alimentaires, je trouve un logo existant depuis le premier Juillet 2010» ; 2015-04-28_11:13:26; usr_8_to_7; Masquage; ModifierRessources; 12;

Cas 2 : A cause du disfonctionnement de l'interface :

- les élèves ont construit l'indice suivi directement du numéro de document « Je résiste a tout 28 » ;
- les élèves ont construit l'indice suivi d'un séparateur (.) et du numéro de document "Je ne peux pas manger un certain fruit à coque. 28" ;
    - les élèves ont construit l'indice, suivi d'un séparateur (.), de la lettre « R » et du numéro de document « Mon métabolisme est de 3525. R7 » ;
    - les élèves ont construit l'indice et ils ont intégré une phrase à l'indice, pour faire la déclaration du numéro de document « Mon facteur d'activité est de 1,95 à l'aide de la ressource 7 » ;
- les élèves ont construit l'indice suivi d'un séparateur. Ils ont intégré le mot « ressource » et le numéro du document utilisé « Il faut travailler 9 fois moins de temps à Tokyo qu'à Caracas pour m'acheter un Big Mac. Mon pouvoir d'achat est le même que celui de Tokyo. Ressource 67 » ;
- les élèves ont construit l'indice suivi du mot « ressource » sans séparateur, et du numéro du document « Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion Ressource 10 » ;
- les élèves ont construit l'indice suivi d'un séparateur, ils ont intégré une question sur le document utilisé, et le numéro du document utilisé « Mon IMC est de 19,7. Ressource utilisée ? 1 ».

Enfin, cette contrainte rend difficile l'évaluation de la mise en place des stratégies pour lesquelles le numéro des documents utilisé est pris en compte. C'est le cas des stratégies : « construire plus d'un indice par document » (un numéro de document déclaré plusieurs fois donne l'information du nombre de fois que ce document a été utilisé pour construire des indices). « Construire des indices avec le document « Religion et alimentation » (le numéro du document 10 déclaré, informe de l'utilisation du document « Religion et alimentation »). « Construire un indice à partir de plusieurs documents » (les numéros de documents déclarés donnent l'information du nombre de documents utilisés pour construire un même indice).

D'autres stratégies ne sont pas identifiables à partir d'une analyse automatique de la *trace numérique d'interaction*, pour diverses raisons, comme « Construire un indice à partir de la même information » et « Complexifier l'indice pour mettre en difficulté l'adversaire ». L'identification de ces stratégies demande l'intervention d'un opérateur humain. Par exemple, il est difficile de programmer l'identification de deux indices qui ont été construits en utilisant une même information dans un sens positif et négatif, du type : « Mon IMC est supérieur à une valeur X », et « mon IMC est inférieur à une valeur X », notamment car il n'existe pas d'indicateur univoque pour repérer cette stratégie.

Par exemple utiliser deux sports différents pour dire que le personnage ne fait pas du sport :
« Je ne fais pas de vélo » « Je ne fais pas de boxe ».
Ou donner un chiffre de deux façons différentes :
« Mon métabolisme de base est de 1560,63491 » « mon métabolisme se situe entre 1,56 et 1,94 ».
Ou donner une même information de deux villes différentes :
« Je n'ai pas le même pouvoir d'achat que Dehli » « je n'ai pas le mêmes pouvoir d'achat que Bangkok ».
Ou faire une même déclaration de deux façons différentes
« Je mange du porc, je mange de tout » « aucune restriction » …

Il est également difficile de programmer l'identification d'indices construits de façon complexe, par exemple en mettant en rapport des données provenant de plusieurs documents, ou de différents aspects d'une caractéristique. Par exemple : « Il ou elle a eu son fils à 26 ans, son fils a maintenant 9 ans. Il a 2 chromosomes « Y »» ; pour masquer l'âge d'un personnage. Finalement, la stratégie « Construire un indice sans consulter de documents » n'est pas identifiable, car la déclaration des documents n'est pas repérable d'une façon précise à travers une analyse automatique de la *trace numérique d'interaction*. Par ailleurs, les résultats obtenus à partir des stratégies qu'il est possible d'analyser d'une façon automatique (voir tableau 27, page 132) sont assez différents de ceux obtenus à partir de l'analyse manuelle. Cela est dû au fait que l'analyse manuelle n'inclut pas la trace des élèves qui n'ont pas déclaré les numéros des documents utilisés pour construire des indices. Dans l'analyse automatique, nous avons inclus la trace des élèves qui n'ont pas déclaré les numéros des ressources utilisées dans les indices construits.

4.2.2.2 Les conclusions de l'étude

Avec cette étude, nous avons répondu à la question : « comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? » Nous donnons réponse à cette question en affirmant que l'appropriation d'une ressource numérique*,* concernant le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » et le processus d'instrumentation, peut être évaluée en repérant les schèmes d'action instrumentée des élèves (qui sont observables à partir de la *trace numérique d'interaction* de leur activité d'apprentissage instrumentée), en relation avec les stratégies que la ressource numérique permet d'élaborer (qui peuvent être préétablies par les concepteurs de la ressource, et/ou déduites à partir d'une analyse *a priori*). Cela peut être réalisé en classant ces schèmes d'action instrumentée en fonction des stratégies qui favorisent la construction du savoir visé.

En ce qui concerne l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT les stratégies élaborées par les élèves de la classe suivie (leurs schèmes d'action instrumentée) ne sont pas forcément des stratégies efficientes (selon l'analyse *a priori* du jeu que nous avons menée). Par ailleurs, les stratégies efficientes (repérées par notre analyse *a priori*) ont été les moins utilisées par les élèves de la classe suivie (selon les schèmes d'action instrumentée des élèves qui ont été repérés). Les élèves ont privilégié la stratégie de masquage « construire des indices en utilisant des documents contenant des calculs ». Ils ont utilisé notamment le document « pouvoir d'achat » lors des trois dernières séances. Bien que cette stratégie permette aux élèves de mobiliser l'information contenue dans les documents mis à disposition, cette stratégie ne permet pas par elle-même de mettre en relation les différentes dimensions de l'alimentation (le savoir visé) ; contrairement à la stratégie

« construire un indice en utilisant plusieurs documents » qui permet la mise en relation de plusieurs dimensions de l'alimentation dans un seul indice, mais qui a été peu utilisée par les élèves de la classe. Nous avons obtenu ces résultats à partir d'une analyse manuelle de la *trace numérique d'interaction* des élèves avec le jeu, mais nous avons eu quelques difficultés techniques pour repérer certaines stratégies à partir d'une analyse automatique (des erreurs dans la trace, des irrégularités des données, des contraintes lors de la collecte de données…), d'autres difficultés ont été liées à la nature même de chaque stratégie (non observables à travers de la *trace numérique d'interaction*). L'analyse automatique nous a ainsi permis de repérer un nombre réduit de stratégies (7 des 18 identifiées).

Nous avons mis finalement en relation les résultats de cette analyse avec ceux de l'analyse manuelle. Constatant que chacune des 7 stratégies repérées automatiquement a été également repérée à travers l'analyse manuelle menée. Et que même si ces stratégies ne sont pas optimales. Il est quand même possible de produire quelques préconisations pour améliorer l'appropriation du jeu par les élèves à partir de leur repérage : modifier les variables didactiques, pour que les stratégies « Construire au moins un indice pour chacune des caractéristiques » « Construire au moins un indice pour chacune des 4 catégories » et « Valider des cases correspondantes à quatre catégories différentes » qui ont une valeur optimale, soient davantage utilisées par la classe. Nous avons également quelques éléments de réponse à la question : « comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques de la *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ? » Nous répondons à cette question en considérant que les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent donner des pistes aux concepteurs pour mener des processus de réingénierie des ressources numériques.

En ce qui concerne le jeu MTAT, ceci passe par l'identification des stratégies efficientes du point de vue de la réussite du jeu (celles qui donnent les meilleures chances pour gagner) et de la construction du savoir visé (celles qui permettent d'apprendre parce qu'elles conduisent à mobiliser les connaissances visées). Le travail du concepteur consiste alors à faire que ces deux types de stratégies soient liés de manière à conduire les élèves à les élaborer préférentiellement. Cela passe par la modification de certains aspects de la *situation d'apprentissage instrumentée* présents dans la consigne, les règles du jeu, les rétroactions du milieu didactique... pour provoquer, chez les élèves, des adaptations qui les conduisent à élaborer ces stratégies efficientes.

Concernant les résultats de l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT pour l'ensemble de la classe, les résultats obtenus peuvent donner des pistes aux concepteurs pour mettre en perspective la réingénierie du jeu, visant à conduire les élèves à élaborer les stratégies « construire un même indice en utilisant plusieurs documents numériques » et « complexifier l'indice pour mettre en difficulté à l'adversaire ». Les stratégies optimales du point de vue de la réussite du jeu, parce qu'elles donnent les meilleures chances de gagner, et optimales du point de vue de l'apprentissage, parce qu'elles conduisent à mobiliser les connaissances visées. Cet objectif peut être atteint si la présentation du jeu aux élèves par les enseignants, l'exploration du jeu par les élèves, la structure du jeu elle-même, et les retours du jeu sur les actions des élèves, sont organisés de manière à inciter les élèves à mettre en relation les différentes dimensions de l'alimentation. Cela leur permet par exemple de lier un même indice à plusieurs caractéristiques du personnage. Nous avons également répondu à la question : « comment utiliser le modèle pour la conception et l'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation ? » Nous pouvons répondre à cette question en affirmant que le modèle pour la conception et l'analyse de l'appropriation de ressources numériques que nous avons développées peut être utilisé comme un outil d'appui aux processus de conception et de réingénierie de ressources numériques, ainsi que de scénarisation des *situations d'apprentissage instrumentées*. Cet appui consiste à mettre à disposition des équipes de conception, une série d'outils théoriques, méthodologiques et pratiques, pour les accompagner dans la recherche de solutions innovantes aux problèmes d'instrumentation de l'enseignement-apprentissage, par l'intégration des nouvelles technologies au contexte éducatif.

Les outils théoriques que notre modèle met à disposition, offrent une perspective nouvelle qui permet de prendre en compte l'appropriation lors de la conception et de la réingénierie des ressources numériques. Les outils méthodologiques incluent les processus qui permettent de mener des analyses de l'appropriation de ressources numériques et la considération de ces résultats dans la réingénierie des ressources. Les outils pratiques permettent la prise en compte, lors de la conception de ressources numériques, des niveaux d'appropriation à favoriser chez les élèves, et des tâches possibles à prescrire à partir de l'utilisation de la spécificité technique des appareils informatiques, qui servent de support matériel des activités d'apprentissage instrumentées par les ressources numériques.

Par exemple, malgré toutes les contraintes techniques que nous avons rencontrées, l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT par une classe a permis de produire quelques préconisations générales. Concernant les éléments à prendre en compte pour améliorer l'appropriation du jeu par les élèves lors d'une réingénierie future : l'identification des stratégies efficientes, le besoin que le jeu conduise les élèves à viser leur élaboration, l'identification de variables didactiques pouvant conduire les concepteurs à les modifier pour favoriser l'appropriation de la ressource par les élèves. Il est certain qu'avec l'évaluation automatique de l'appropriation du jeu MTAT, nous avons uniquement suivi l'élaboration par les élèves de 8 stratégies parmi les 18 que le jeu permet d'élaborer, et uniquement concernant l'indicateur « Manifester une action en lien avec un objectif non explicité » du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies ». Cette méthodologie peut néanmoins être davantage utilisée dans le jeu MTAT, si une réingénierie du logiciel de traçage, de la ressource numérique elle-même, et de la logistique de la collecte des données est également menée.

Conclusions

Nous présentons, pour conclure, l'ensemble des contributions de ce travail de thèse (celles dédiées à la dimension « conception-dévolution » et à la dimension « usage-appropriation »), pour proposer des réponses aux trois questions de recherche que nous nous sommes posées au cours de ce travail : comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? Comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ? Et comment utiliser le modèle de conception et d'analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation ?

Nous avons répondu à ces questions à partir d'une étude de cas concernant l'analyse de l'usage du jeu MTAT par un binôme d'élèves et une classe. Nous basons également nos conclusions sur une étude transversale concernant l'analyse de la conception de ressources numériques au sein des groupes de conception du projet Tactiléo. Nous partons du concept d'appropriation que nous avons défini à partir de la combinaison des principes théoriques et conceptuels provenant de la TSD (Brousseau, 1998) et la TAI (Rabardel, 1995) qui définit l'appropriation comme « l'adaptation des élèves au *milieu didactique,* qui a été organisé par l'enseignant pour que les élèves apprennent par adaptation. Adaptation au cours de laquelle ils élaborent un instrument d'apprentissage à partir d'une ressource numérique mise à disposition pour réaliser des tâches prescrites, dans une *situation d'apprentissage instrumentée ».*

Nous présentons plus loin les résultats obtenus lors de ce travail de recherche, donnant une réponse à chacune des trois questions posées.
Concernant la première question « Comment évaluer l'appropriation d'une ressource numérique ? » :

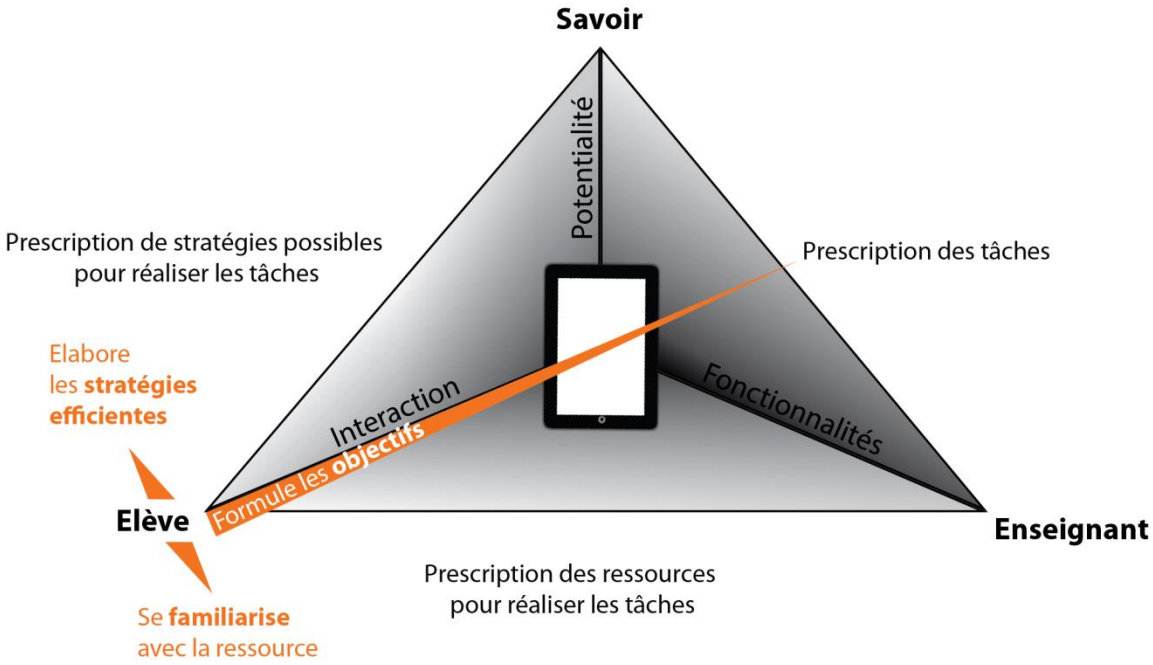
1) à partir de l'analyse de la *trace numérique d'interaction* de l'activité d'apprentissage instrumentée, d'un cours de MPS composé de 40 élèves de seconde du lycée, avec le jeu MTAT. Nous avons pu formaliser l'évaluation du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » (le seul niveau du jeu MTAT traçable numériquement) d'un nombre variable de 7 à 13 binômes d'élèves, lors de 5 séances de jeu, de façon manuelle et automatique. Par ailleurs, en ce qui concerne le jeu MTAT, parmi les indicateurs des niveaux d'appropriation que nous avons défini dans la section 3.3.1 de cette thèse, le seul indicateur du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies *»* qu'il est possible d'observer à partir de la *trace numérique d'interaction* est l'indicateur « manifester une action en lien avec un objectif explicité ou non ». Même si les indicateurs de l'appropriation que nous avons défini semblent être génériques, parce qu'ils peuvent servir à mesurer différents types de ressources numériques, leur traçabilité peut cependant varier d'une ressource numérique à autre, selon que l'indicateur est repérable à partir de la trace ou non. La traçabilité des indicateurs du niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » est particulièrement variable d'une ressource numérique à l'autre. D'abord parce que les stratégies possibles sont différentes dans chacune des ressources. Puis, parce qu'elles ne sont toutes pas repérables à travers la trace numérique d'interaction ;

2) à partir des résultats obtenus, nous pouvons dire que le niveau d'appropriation d'une ressource numérique*,* qui peut faire le plus facilement l'objet d'une évaluation à partir de la *trace numérique d'interaction*, est le niveau « élaborer des stratégies ». Cette évaluation peut se faire de façon manuelle et automatique, en repérant les schèmes d'action instrumentée des élèves, en lien avec les stratégies que la ressource numérique permet d'élaborer (qui peuvent être préétablies par les concepteurs de la ressource, et/ou déduites à partir d'une analyse *a priori*), puis en hiérarchisant les schèmes d'action instrumentée en fonction des stratégies qui favorisent la construction du savoir visé (voir le tableau 15, page 106).

Concernant la question « Comment les résultats de l'évaluation de l'appropriation d'une ressource numérique peuvent-ils contribuer à modifier les variables didactiques d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, lors de la réingénierie d'une ressource numérique ? » :

1) à partir de l'analyse de l'appropriation du jeu MTAT par la classe suivie, nous pouvons répondre à cette question en déclarant que les résultats de l'évaluation de l'appropriation des ressources numériques par les élèves, peuvent donner des pistes aux concepteurs lors de la réingénierie de ces ressources, pour favoriser chez les élèves l'élaboration de stratégies efficientes du point de vue de l'apprentissage. A partir de ces résultats, les concepteurs de la ressource numérique peuvent se questionner : qu'est-ce qui peut varier de manière à favoriser l'élaboration de stratégies efficientes ? La consigne ? Les rétroactions du milieu didactique ? Les règles du jeu ?... (Voir figure 35).

Figure 35 : Modèle d'appropriation de ressources numériques



Concernant la question « Comment utiliser le modèle de conception et analyse de ressources numériques basé sur l'appropriation ? » :

1) à partir de l'analyse des réponses à un questionnaire des équipes de concepteurs du projet Tactiléo, concernant 4 questions sur les opportunités et difficultés que ces concepteurs ont rencontrées pour utiliser la tablette comme support de l'activité d'apprentissage des élèves lors de la conception de ressources numériques, nous avons identifié et catégorisé 18 tâches qu'il est possible de prescrire en mettant à profit les fonctionnalités techniques de la tablette. Ces tâches identifiées représentent un des éléments du milieu didactique, la prescription de tâches (Figure 35) à prendre en compte lors de la dévolution des *situations d'apprentissage instrumentées* par des ressources numériques. Ce répertoire de tâches représente en effet l'un des outils de notre modèle de conception et d'analyse de ressources numériques. Cet outil est représenté par le jeu de cartes pour la conception mentionné dans le paragraphe suivant. Ce jeu de cartes sert d'appui aux processus de réingénierie des ressources numériques, permettant aux concepteurs des ressources de mettre à profit les fonctionnalités techniques de la tablette, pour organiser le milieu didactique dont les élèves vont apprendre par adaptation. Notre modèle propose également un outil permettant l'évaluation de l'appropriation des ressources numériques par les élèves. A partir des résultats obtenus de l'évaluation de l'appropriation, les concepteurs de ressources numériques peuvent conduire des processus de réingénierie des ressources conçues.

2) à partir de l'utilisation du jeu de cartes dédié à la conception que nous avons élaboré dans le cadre de l'expérimentation de deux ressources numériques différentes (l'une portant sur l'histoire, et l'autre sur la géologie), nous avons constaté que si les enseignants disposent d'un outil leur permettant de considérer les tâches qu'il est possible de prescrire en mettant à profit les fonctionnalités techniques des appareils informatiques, et d'anticiper les schèmes d'utilisation que les élèves peuvent construire pour réaliser ces taches. Ils peuvent également penser à favoriser l'appropriation, par les élèves, de la ressource numérique en cours de conception, lors des processus de conception et de réingénierie. Cet outil peut leur servir d'appui pour l'organisation du milieu didactique, de la *situation d'apprentissage instrumentée* par la ressource numérique en cours de conception. Cela leur permet de considérer les tâches qui favorisent l'exploration de la ressource, la construction de stratégies et la formulation des apprentissages. Cela vise à permettre aux élèves d'apprendre avec une certaine autonomie. Nous avons également repéré que cet outil mis en expérimentation, a notamment favorisé la conception de situations d'action. Les deux équipes de concepteurs ont notamment favorisé le niveau d'appropriation « élaborer des stratégies ». Ces deux derniers résultats nous ont permis de constater qu'il est possible d'anticiper l'appropriation des ressources numériques dès la conception. Cette anticipation représente un des éléments du milieu didactique d'une *situation d'apprentissage instrumentée* (la prescription de ressources numériques, figure 35) à prendre en compte lors du transfert aux élèves de la responsabilité de l'apprentissage (la dévolution).

A partir de l'évaluation de l'appropriation du jeu MTAT par le binôme d'élèves, nous pouvons penser que le modèle de conception et d'analyse de ressources numériques que nous proposons dans cette thèse peut être utilisé pour entreprendre la réingénierie d'une ressource numérique en prenant en compte la façon dont ses utilisateurs se l'approprient.

Du point de vue de la *genèse instrumentale* (Rabardel, 1995), nous pouvons considérer que les élèves s'approprient le jeu MTAT quand ils arrivent à le transformer en un instrument d'apprentissage. On peut penser que les élèves construisent un instrument d'apprentissage, quand ils arrivent à construire les schèmes d'utilisation qui leur permettent d'apprendre. De ce point de vue, nous pouvons alors considérer que la classe suivie s'approprie le jeu MTAT quand elle arrive à élaborer les stratégies efficaces (celles permettant de gagner le jeu et d'apprendre au même temps).

Nous avons retenu notamment l'aspect « instrumentation » de la *genèse instrumentale*. Car l'aspect *instrumentalisation* qui « *permet à l'utilisateur d'adapter l'artefact à ses besoins à partir de ses connaissances »,* en utilisant *« les fonctionnalités dont il a besoin pour effectuer des tâches prescrites, et lors de cette activité, des fonctionnalités non prévues par le concepteur de l'artefact peuvent émerger* » (Rabardel, 1995) était difficilement évaluable dans les ressources numériques en développement au sein du projet Tactiléo, et notamment en ce qui concerne le jeu MTAT (sauf la sélection et regroupement des documents). Parce que bien que les élèves aient utilisé les fonctionnalités du jeu qu'ils ont apprises pour réaliser la tâche, des fonctionnalités non prévues par les concepteurs du jeu n'ont pas émergé ou tout du moins n'ont pas été identifiées. Parce que l'application ne permettaient pas la production et l'institution de fonctions ou l'attribution des propriétés, et la situation d'apprentissage ne permettait pas le détournement de l'usage de la ressource.

Selon la *théorie de la genèse instrumentale*, nous pouvons considérer que la conception d'une ressource numérique se poursuit dans l'usage, parce qu'une ressource numérique est un artefact que l'élève doit transformer en instrument pour réaliser des tâches prescrites. Cette transformation dépend des schèmes d'utilisation que l'élève élabore à partir des affordances de l'*artefact*. Ces schèmes d'utilisation sont en même temps un acte de conception (Rabardel & Pastré, 2005), dont le cœur est représenté par les éléments qui pilotent la reconnaissance par l'élève des éléments et informations pertinents de la situation à traiter (les stratégies gagnantes).

Nous pouvons ainsi confirmer les hypothèses qui ont guidé notre recherche :
La conception d'une ressource numérique peut viser son appropriation par les élèves. Cette appropriation se réalise quand est réalisée la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée*, favorisant l'exploration de la ressource, l'élaboration de stratégies d'action optimales et la formulation des objectifs qui ont guidé ces stratégies. Pour que les élèves puissent apprendre en autonomie en s'adaptant au milieu didactique que l'enseignant a organisé (Brousseau, 2010). Nous avons formalisé les aspects à prendre en compte pour réaliser la dévolution d'une *situation d'apprentissage instrumentée* lors de la conception d'une ressource numérique, à travers du jeu de cartes pour la conception que nous avons mis en expérimentation, nous permettant de vérifier qu'il permet effectivement de prendre en compte l'appropriation de la ressource numérique par les élèves, lors de sa conception.

Nous pouvons également conclure, que pour favoriser l'adoption pédagogique des appareils informatiques (ordinateur portable, ordiphone, tablettes, robots…), mis à part la mise à profit des potentialités pédagogiques de leurs fonctionnalités techniques, nous conseillons la prise en compte des interactions entre les éléments du système didactique, dont son usage prend du sens (le savoir, l'élève et l'enseignant). Notamment quand il est souhaitable de favoriser l'autonomie dans l'apprentissage. Dans ce cas-là, la mise à profit des potentialités pédagogiques des fonctionnalités techniques des appareils informatiques, servent à organiser un milieu didactique antagoniste (dont les rétroactions du milieu favorisent l'apprentissage) : des tâches prescrites à réaliser avec des ressources numériques (*situation d'apprentissage instrumentée*) et des chemins d'actions possibles pour réaliser ces tâches (stratégies possibles et efficientes).

Ce milieu conduit les élèves à apprendre par adaptation : à se familiariser avec la ressource numérique mis à disposition, à élaborer des stratégies d'action optimales, et à prendre conscience des stratégies qu'ils construisent à partir de la formulation des objectifs des décisions prises. L'application de notre modèle à l'analyse de ressources numériques, avec un support matériel de l'activité des élèves différent de la tablette (tel que l'ordinateur portable par exemple) consiste à mettre à profit les potentialités des fonctionnalités techniques des appareils informatiques pour la prescription de tâches, au lieu de celle de la tablette.

Des nouvelles questions concernant notre modèle peuvent se poser, en questionnant par exemple l'organisation du milieu didactique :

- quelles tâches peuvent être prescrites à partir de la mise à profit des fonctionnalités techniques d'un appareil informatique ?

Nous l'avons mentionné plusieurs fois, les technologies dans l'éducation évoluent en permanence. En effet, après l'engouement suscité par les technologies tactiles, ce sont les robots qui mobilisent l'attention au moment où nous clôturons ce travail de thèse. Ainsi, nous avons conduit ce travail de recherche, de façon à que ses apports puissent accompagner cette évolution technologique.

Une deuxième question porte sur la traçabilité des ressources numériques :

- comment tracer à une grande échelle l'appropriation de ressources numériques ? Les tâches et les stratégies sont-elles traçables ? Comment les rendre traçables ?

Un des aspects sur lequel ouvre cette thèse, est en effet la traçabilité numérique de l'usage des ressources numériques de natures diverses. D'un côté, la plupart des indicateurs pour l'évaluation de l'appropriation que nous avons identifié semblent être génériques (applicables à d'autres ressources numériques) mais ceux liées au niveau d'appropriation « élaborer des stratégies » ne le sont pas, car les stratégies pour réaliser les tâches prescrites varient en fonction de la nature des ressources analysées.
D'un autre côté, la nature de certaines tâches et stratégies rend difficile leur traçabilité numérique. Pour les rendre traçables, il peut être même nécessaire de modifier la ressource numérique elle-même, ou développer des applications de traçage dédiées, parfois d'une grande complexité.

Une troisième question porte sur la réingénierie des ressources numériques :

- quels aspects du milieu didactique peuvent être modifiés pour conduire les élèves à s'approprier une ressource numérique : la consigne, les règles, le type de tâche, le type de situation, les fonctionnalités de la ressource… ?

En effet cette question est au cœur de ce travail de thèse. Le modèle de conception et analyse que nous proprosons, apporte deux outils destinés à répondre cette question : un jeu de cartes pour la conception, permettant l'organisation du milieu didactique des situations d'apprentissage instrumentées. Et une méthodologie d'évaluation de l'appropriation, pour prendre en compte les schèmes que les élèves construisent, dans les processus de réingénierie des ressources numériques.

Références

Adler, J. (2000). Conceptualising Resources as a Theme for Teacher Education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *3*(3), p. 205‑224. Consulted in https://doi.org/10.1023/A:1009903206236.

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Prentice-Hall.

Ajzen, I., & Martin, A. (1986). Prediction of goal-directed behavior: attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social*, p. 453‑474.

Akrich, M., Callon, M., Latour, B. (2006). *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*. Paris : Mines Paris les Presses.

Allport. F. H. (1924). *Social psychology*. Cambridge, Mass: Riverside Press.

Alty, J. (1991). Multimedia - What is it and how do we exploit it? *People and Computers VI*. p. 31‑44.

Amigues, R. (2013). Pour une approche ergonomique de l'activité enseignante. *Skholê*, (1), p.5‑16.

Amiot-Carlin, M.-J., Anton, M. & Axelos, M. (2012). *La chimie et l'alimentation : pour le bien être de l'homme*. EDP Sciences.

Arens, Y., Hovy, E. & Van Mulken, S. (1993). *Structure and Rules in Automated Multimedia Presentation Planning*. Communication présenté à IJCAI'93, Chambéry, France. Consulté à http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=311E7A8B784F20CB30AC7C35ABC6F182?doi=10.1.1.53.5816&rep=rep1&type=pdf.

Atkinson, P. (2008). A Bitter Pill to Swallow: The Rise and fall of the Tablet Computer Massachusetts Institute of Technology. *Design Issues*, *24*(4). P 3-23. Consulté à http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/desi.2008.24.4.3.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc.

Baron, G.-L. & Dané, E. (2007). Pédagogie et ressources numériques en ligne : quelques réflexions. *Comunicación y pedagogia : pedagogia y recursos numéricos en linea*, *18*. p. 67-71. Consulté à https://edutice.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/277825/filename/a0709c.htm.

Benoit, H. & Sagot, J. (2008). L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (43), p.19‑26.

Bernard, F.-X., Boulc'H, L., & Achard, S. (2013). *Tablettes tactiles et apprentissages langagiers. Le cas d'une étude menée en CLIN*. Présenté à Congrès de l'AREF. Consulté à l'adresse https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01018392/document.

Bernoux, P. (2002). L'influence de March sur la sociologie des organisations en France. *Revue française de gestion*, *139*(3), p.195‑202.

Bernsen, N. (1994). Foundations of multimodal representations: a taxonomy of representational modalities. *Interacting with Computers*, *6*(4), p.347‑371. Consulted in https://doi.org/10.1016/0953-5438(94)90008-6.

Bétrancourt, M., & Bozelle, C. (2012). Les MITIC au service de la pédagogie spécialisée. Mieux connaître leur spécificité pour développer des usages éducatifs pertinents. *Revue suisse de pédagogie spécialisée*, (4), p.15‑23.

Bibeau, R. (2005). Les TIC à l'école : proposition de taxonomie et analyse des obstacles à leur intégration. *Revue de l'association EPI*, *79*. Consulté à http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0511a.htm.

Blattner, M., & Dannenberg, R. (1990). CHI'90 Workshop on Multimedia and Multimodal Interface Design. *SIGCHI Bull.*, *22*(2), p.54–58. Consulted in https://doi.org/10.1145/122475.122486.

Boujol, L. (2014). *Usage pédagogique des tablettes tactiles numériques : une étude de cas en enseignement primaire genevois* (Mémoire de master). University of Geneva. Consulté à l'adresse http://archive-ouverte.unige.ch/unige:35124.

Bourguet M.L. (1992). *Conception et réalisation d'une interface de dialogue personnemachine multimodale* (Thèse doctorale) INPG, Grenoble.

Bouvier, P., Sehaba, K. & Lavoué, É. (2014). A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems: application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, *24*(5), p.413‑451. Consulted in https://doi.org/10.1007/s11257-014-9150-2.

Brousseau, G. (1990). *Le contrat didactique et le concept de milieu : Dévolution.* Grenoble : La pensée sauvage.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques.* Grenoble : La pensée sauvage.

Brousseau, G. (2010). *Théorisation des phénomènes*. (Thèse doctorale) Université de Bordeaux.

Carroll, J., Howard, S., Peck, J., & Murphy, J. (2003). From adoption to use: the process of appropriating a mobile phone. *Australian Journal of Information Systems*, 10, p.38‑38.

Chehbour, F., Boukantar, L. & Nouali, N. (2005). Gestion de la mobilité au niveau de la couche application : état de l'art.*Technologies of Information and Telecommunications*. p. 11. Consulté à http://www.setit.rnu.tn/last_edition/setit2005/reseau/213.PDF.

Chevallard, Y. (1982). *Pourquoi la transposition didactique ?* Communication présentée au Séminaire de didactique et de pédagogie des mathématiques de l'IMAG, Université scientifique et médicale de Grenoble. Actes des années 1981-1982. p. 167-194. Consulté à http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=103.

Clarke, B., Svanaes, S. & Zimmermann, S. (2013). *One-to-one Tablets in Secondary Schools: An Evaluation Study Stage* (final repport). Tablets for school. Consulté à http://www.albion.co.uk/brochure/FKY-Tablets-for-Schools-Stage-2-Report-July-2013-FINAL.pdf.

Cordier, A., Lefevre, M., Champin, P.-A., Mille, A., Georgeon, O. & Mathern, B. (2014). Connaissances et raisonnement sur les traces d'interaction. *Revue d'intelligence artificielle*, p.375‑396.

Daubias, P., & Sanchez, E. (2015). *Tactiléo Rapport modalités du traçage*. Lyon : Institut Français de l'Education

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), p.319‑340. Consulted in https://doi.org/10.2307/249008.

De Certeau, M. (1990). *L'invention du quotidien*. Paris : UGE.

De Vaujany, F.-X. (2003). Les figures de la gestion du changement sociotechnique. *Sociologie du Travail*, *45*(4), p.515‑536. Consulted in https://doi.org/10.1016/j.soctra.2003.10.004.

DeSanctis, G. & Poole, M. S. (1994). Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory. *Organization Science*, *5*(2), p.121‑147. Consulted in http://eli.johogo.com/Class/Gerry.pdfOn 09/26/2016.

Dix, A. (2008, 09). *Designing for appropiate*. Proceedings of the 21st British HCI Group Annuel Conference. University of Lancaster, United Kingdom.

Duke, D., Barnard, P., Duce, D., & May, J. (1998). Syndetic Modelling. *Human–Computer Interaction*, *13*(4), p.337‑393. Consulted in https://doi.org/10.1207/s15327051hci1304_1.

Fourcaud, E. (2011). Mobilité, portabilité, transfert, migrations et navigation numériques : un nomadisme ? *Ludomag*. Consulté à http://www.ludovia.com/2011/07/mobilite-portabilite-transfert-migrations-et-navigation-numeriques-un-nomadisme/

Fournier, S., & Touzard, J.-M. (2014). La complexité des systèmes alimentaires : un atout pour la sécurité alimentaire ? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. *14*(1). Consulté à https://doi.org/10.4000/vertigo.14840.

Gabelle, Y. (2012). Tablettes numériques en CM2. *Créatrice*. Consulté à http://www.creatice.ac-versailles.fr/spip.php?article171.

Genevois, S. & Hamon, D. (2016). *Rapport de recherche sur le dispositif Collèges « tout numérique »* EMA, Seine-Saint-Denis.

Gibson, J. (1997). In *The Theory of Affordances. Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology.* Hillsdale : Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.

Goncalves, C. (2013). *Appropriation et authenticité : une didactique des expériences d'apprentissage d'étudiants engagés « jeu sérieux » en Epidémiologie et Biostatistique.* (Thèse doctorale). Université de Grenoble.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). *Ressources vives.* Rennes : Paideia.

Guibert, P. & Troger, V. (2012). *Peut-on encore former des enseignants ?* Paris : Armand Colin.

Guven, U. (2014). Technology Integration Project: Turkey's Example. *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. Chesapeakeb: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Consulté à https://www.learntechlib.org/p/131223/.

Hamon, D. & Villemonteix, F. (2015). Le rapport des élèves et des enseignants aux tablettes numériques à l'école primaire : vers une évolution de la forme scolaire ? *Distances et médiations des savoirs*, *3*(11), doi: 10.4000/dms.1143.

Haradji, Y., Poizat, G., & Motté, F. (2011). Activity-Centered Design: An Appropriation Issue. *Communications in Computer and Information Science*, 173, p.18‑22.

Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2015). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning. 2*(32) p. 139-156.

Haué, J.-B. (2004). Intégrer les aspects situés de l'activité dans une ingénierie cognitive centrée sur la situation d'utilisation. *@ctivités 1*(2), 170‑194. Consulté à http://activites.revues.org/1285.

Henderson, S. & Yelow, J. (2012, 01). *IPad in Education: A case study of iPad adoption and use in a primary school.* 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS). Maui, HI, USA. Consulted in https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36987775/4525a078.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1502961017&Signature=iO6T8NlxapUrN2DPiV2z2vSEL5Y%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DiPad_in_Education_A_case_study_of_iPad_a.pdf

Henri, F., Compte, C., & Charlier, B. (2007). La scénarisation pédagogique dans tous ses débats. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, *4*(2), p.14-24.

Jenkins, H. (2007). La culture de la convergence. *Médiamorphoses 21*(21), p.31‑36.

Jolivet, S., Trgalova, J., Bonnaire, A., Chazal, A., Digeon, M. & Josseran, V. (2014, 11). *Usages des tablettes tactiles dans des classes de mathématiques et sciences de la vie et de la Terre.* Publié dans les actes de REX. Montpellier

Jolly, C. & Gentaz, E. (2013). Évaluation des effets d'entraînements avec tablette tactile destinés à favoriser l'écriture de lettres cursives chez des enfants de Cours Préparatoire. *ATAME*, *20* (Numéro spécial). Consulté à http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2013/02-jolly-atame/sticef_2013_NS_jolly_02.htm.

Kara, S., Broutin, J. & Albay, S. (2015). Analyse d'une activité de créativité en FLE par la théorie de la genèse instrumentale. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi. 28*(ÖzelSayı), p.231-242. Doi : 10.19171/uuefd.21509.

Karsenti, T. & Fievez, A. (2013). *L'iPad à l'école : usages, avantages et défis. Résultats d'une enquête auprès de 6057 élèves et 302 enseignants* du Québec (Canada). Montréal : CRIFPE. Consulté à http://www.karsenti.ca/ipad/rapport_iPad_Karsenti-Fievez_FR.pdf

Keengwe, J. & Bhargava, M. (2013). Mobile learning and integration of mobile technologies in education. *Springer Science+Busines Media*, *19*(4), p 737–746.

FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2014). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.* Roma, Itali. Consulté à www.fao.org/3/a-i4040f.pdf.

Lassabe, F. (2009). *Géolocalisation et prédiction dans les réseaux Wi-Fi en intérieur* (Thèse doctorale Université de Franche-Comté).

Le Guilcher, B. & Pierlot, S. (2011, 09). *Comment favoriser l'appropriation de systèmes techniques rénovés dans une industrie à risques ?* Communication presentée au 46ème congrès international. Société d'Ergonomie de Langue Française. Toulouse. Consulté à http://ergonomie-self.org/wp-content/uploads/2015/09/2011-Paris-Partie-2.pdf

Leontiev, A. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood : Prentice Hall.

Martin, J. & Grumbach, A. (1995). *Coopérations entre modalités et liage par synchronie dans les interfaces multimodales* (Thèse doctorale, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications). Paris.

McClanahan, B., Williams, K., Kennedy, E. & Tate, S. (2012). A breakthrough for Josh: How use of an iPad facilitated reading improvement. *TechTrends*, *56*(3) p.20–28.

McDouglas, W. (1908). *An introduction to social psychology*. London: Methuen.

Mertz, C. & Vinot, J-L. (1998, 11). *Conception par maquettage rapide. Application à des écrans tactiles pour le contrôle aérien*. Présentée dans les actes d'ErgoIA, Biarritz, France.

Millerand, F. (2003). *L'appropriation du courrier électronique en tant que technologie cognitive chez les chercheurs universitaires. Vers l'émergence d'une culture numérique ?* (Thèse doctorale, Université de Montréal).

Millerand, F. (2008). Usages des NTIC : les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation (1ère partie). *Commposite*, *2*(1), p.1–19.

Monod-Ansaldi, R., Sanchez, E., Devallois, D., Thomas, A., Pierre, B., Anne, B., … Recurt. (2013, 10). *Sit Down to Table and Confess who you are! Design of an Epistemic Game for Nutritional Education at Secondary School*. Communication presented on the 7th European Conference on Games Based Learning.

Morales, K. & Casarín, A. (2015). Apropriación tecnológica: una visión desde los modelos y las teorías que la explican. *Péducacional*, *54*(2), p.109-125.

Murphy, T. & Williams, C. (2011, 06). *The iPad as a class presentation platform*. Communication presented in the 118th ASEE Southeast Section Conference. Vancouver, Canada.

Nicolescu, B. (2002). *Manifesto of transdisciplinarity*. Albany, USA: State University of New York press.

Nigay, L. (1994). *Conception et modélisation logicielles des systèmes interactifs : application aux interfaces multimodales*. (Thèse doctorale. Université Joseph Fourier - Grenoble 1) Grenoble, France.

Nigay, L. & Coutaz, J. (2000). Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. Consulté à l'adresse http://iihm.imag.fr/publs/1996/TSI96-Mu.pdf.

Norris, C. & Soloway, E. (2002). *Keynote speech*. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, Växjö, Sweden.

Norris, C. & Soloway, E. (2004). *Keynote speech*. Communication presented in International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Maceio, Brazil.

Ollagnier-Beldame, M. (2006, 12). *Traces d'interactions et processus cognitifs en activité conjointe : le cas d'une co-rédaction médiée par un artefact numérique* (Thèse doctorale. Université Lumière Lyon 2) Lyon, France.

Orlikowski, W (1992). The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations. *Organization Science*, *3*(3), p.398-427. Consulted in https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.398.

Orlikowski, W. (2000). Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. *Organization Science*, *11*(4), p.404-428. Consulted in https://doi.org/10.1287/orsc.11.4.404.14600.

Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, (138), p.9-17.

Pérez, T. (2013). De la traducción a la innovación en la escuela 2.0: un estudio de caso de los docentes del CEIP Manuel Siurot de Huelva. *Acción pedagógica*, *22*(1), p.43-56. Consultado en http://saber.ula.ve/handle/123456789/38007.

Pérez, T., Jolivet, S., Monod-Ansaldi, R., & Sanchez, E. (2015, 06). *Des tablettes tactiles pour enseigner. Défis et opportunités*. Atelier EIAH Tablettes tactiles et apprentissages. Agadir, Marroc.

Pernin, J.-P. & Emin, V. (2006, 05). *Evaluation des pratiques de scénarisation de situations d'apprentissage : une première étude*. Présenté aux actes en ligne du colloque TICE Méditerranée. Consulté à https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00962077/document.

Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*. Paris : Flammarion.

Philippot, T. (2008). *La professionnalité des enseignants de l'école primaire : les savoirs et les pratiques.* (Thèse doctorale. Université de Reims - Champagne Ardenne). Consulté à https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00444595/document.

Proulx, S. (2002). Trajectoires d'usages des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir. *Annales des Télécommunications*, *57*(3/4), p. 180-189.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies.* Paris : Armand Colin.

Rabardel, P. & Pastré, P. (2005). Modèles du sujet pour la conception : dialectiques, activités, développement. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (154), 219‑222.

Reffay, C., Blondel, F. & Giguet, E. (2012 , 06). *Stratégies pour l'anonymisation systématique d'un corpus d'interactions plurilingues*. Présenté aux actes de la conférence IC2012, Grenoble.

Rogers, E. (1962). *Diffusion of Innovations.* The Free Press of Glencoe.

Rousson, L. (2014). La conception d'un jeu-situation numérique pour l'apprentissage de l'énumération. *Inter pares. Revue électronique de jeunes chercheurs en Sciences Humaines et Sociales*, (4) P. 29-36.

Sanchez, E., Kalmpourtzis, G., Cazes, J., Berthoix, M. & Monod-Ansaldi, R. (2015). Learning with Tactileo Map: From Gamification to Ludicization of Fieldwork. *GI_Fourm Journal for Geographic Information Science. 1*-2015, p.645. Consulted in https://doi.org/10.1553/giscience2015s261.

Sanchez, E., & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. . *Education & Didactique*, *2*(9), p.73‑94.

Schlienger, J.-L. & Monnier, L. (2013). *Heurs et malheurs de l'alimentation : De Lucy à McDonald's*. Paris : Armand Colin.

Serfaty-Garzon, P. (2003). *L'Appropriation*. Paris : Armand Colin.

Serna, A., Tabard, A. & Emin-Martinez, V. (2015). JEN.cards : un outil pour faciliter la conception collaborative de learning games. Consulté à http://atief.fr/sitesConf/eiah2015/uploads/Atelier5_Serna%20et%20al.pdf

Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2005). Towards a theory of mobile learning. Consulted in https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/4272836/towards_a_theory_of_mobile_learning.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1502971615&Signature=4%2Fo6X8Ydt%2Bdy4k2xYyO6csLBdDg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTowards_a_theory_of_mobile_learning.pdf

Shneiderman, B. (1983). Direct Manipulation: A step beyond programming languages. *Computer*, *16*(8), p.57–69. DOI: 10.1109/MC.1983.1654471

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.F., Amiel, A., Lutz, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'́evaluation des EIAH. *HAL*, p.391-402. Consulté à https://hal.inria.fr/file/index/docid/1674/filename/n036-80.pdf.

Vergnaud, G. (2001). Piaget visité par la didactique. Piaget et les Sciences Cognitives. *Intellectica*, *2*(33) p.107-123.

Villemonteix, F. & Khaneboubi, M. (2012, 09). *Utilisations de tablettes tactiles à l'école primaire.* Communication présenté aux Journées communication et apprentissage instrumentés en Réseau, Amiens, France. Consulté à https://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00765323/document.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes.* Harvard: University Press.

Anexes

1) Documents

AUTORISATION DE PHOTOGRAPHIER
OU DE FILMER ET D'EXPLOITER LES DONNEES
ENREGISTREES DANS LE CADRE SCOLAIRE

Classe de Méthodes et pratiques Scientifiques
Etablissement Lycée Madame de Staël, 16 route de Thairy 74160 Saint Julien en Genevois.

Dans le cadre d'un projet de recherche pédagogique sur l'utilisation des interfaces tactiles pour l'enseignement, il est prévu l'enregistrement audio ou vidéo de séances de classe aux quelles votre enfant pourra participer. Lors de ces activités, votre enfant pourra être photographié ou filmé.

La publication et/ou la diffusion de l'image de votre enfant, ainsi que les légendes ou commentaires accompagnant cette publication ne porteront pas atteinte à sa dignité, sa vie privée ou sa réputation.

Nous vous demandons d'autoriser la captation et la publication éventuelles de ces images.

Je soussigné(e)
Nom / Prénon_____,
Père___ Mère___ Tuteur légal de l'enfant___

- autorise, dans le cadre du projet de recherche Tactiléo (http://projet.tactileo.net/) les photographies, les enregistrements audio et vidéo et les enregistrements de traces numériques (sur ordinateurs et dispositifs mobiles) de la totalité des séances d'expérimentation du jeu Mets-toi à table ! Durant l'année scolaire 2014-2015.

1) Exploitation des enregistrements
- autorise la captation, la reproduction, la diffusion et la représentation de ma voix, de mon image et des traces numériques (ci-après désignées par « données ») par les seules personnes engagées dans le projet de recherche Tactiléo, sous leur forme enregistrée ainsi que sous leur forme transcrite et anonymisée (cf. ci-dessous) :
a) à des fins de recherche scientifique (mémoires de master ou thèses, articles scientifiques, exposés à des congrès, séminaires) ;
b) à des fins d'enseignement universitaire (cours, séminaires et formations donnés à des étudiants avancés et sous la responsabilité des personnes engagées dans le projet de recherche Tactiléo).
La liste des personnes impliquées dans le projet pourra vous être communiquée sur simple demande auprès d'Eric Sanchez et/ou Réjane Monod-Ansaldi, coordinateurs du projet Tactiléo.

2) Analyse manuelle de la *trace numérique d'interaction*

Niveau d'appropriation	Indicateur	Stratégie	Obsels
Explorer	Tester		**Séance 2** 2015-04-28_11:27:09; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe; 4 2015-04-28_11:27:14; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:27:17; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:27:18; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4
élaborer des stratégies	Manifestation des stratégies OE et ONE	(Calcul)	**Séance 2** 2015-04-28_10:53:22; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice5 2015-04-28_10:54:05; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Mon IMC est de 19,7** 2015-04-28_10:54:05; usr_8_to_7; Masquage; ModifierRessources;1 2015-04-28_11:07:28; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Pour pouvoir m'acheter un Big-Mac à Genève, je dois travailler 14 minutes** 2015-04-28_11:07:28; usr_8_to_7; Masquage; ModifierRessources;67 2015-04-28_11:16:31; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Mon facteur d'activité est de 1,37** 2015-04-28_11:16:31; usr_8_to_7; Masquage; ModifierRessources;7 **Séance 3** 2015-05-05_10:35:05; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice5 2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; **Mon indice de masse corporelle est entre 23 ,3 et 23,5 à l'aide de la** ressource 1 2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierRessources; 2015-05-05_10:38:03; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice6

			2015-05-05_10:38:40; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; **Mon facteur d'activité est de 1,95** à l'aide de la ressource 7 2015-05-05_11:05:45; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; **A Tokyo, pour me payer un Big-Mac je dois travailler 9 minutes** ressource 67 **Séance 5** 2015-05-19_10:49:38; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Il faut travailler 9 fois moins de temps à Tokyo qu'à Caracas pour m'acheter un Big Mac. Mon pouvoir d'achat est le même que celui de Tokyo. **Ressource 67** 2015-05-19_10:50:51; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Mon facteur d'activité est de 1,37 **Ressource 7** 2015-05-19_10:57:20; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Mon IMC est de 19,7 **Ressource 1**
		(Ixdc)	**Séance 2** 2015-04-28_10:54:05; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice62015-04-28_10:54:05; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice**; Mon IMC est de 19,7** 2015-04-28_10:54:05; usr_8_to_7; Masquage; **ModifierRessources;1** 2015-04-28_10:58:55; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice4 2015-04-28_11:01:16; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **J'aime la ressource inépuisable présente dans l'eau de l'Océan Pacifique et dans certains aliments** 2015-04-28_11:01:16; usr_8_to_7; Masquage; **ModifierRessources;64** 2015-04-28_11:01:19; usr_8_to_7; Masquage; ChangementGroupe; Activités->Activités 2015-04-28_11:03:31; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Activités->Indice4

			2015-04-28_11:04:10; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Je ne mange pas de viande certains vendredi de ma vie.** 2015-04-28_11:04:10; usr_8_to_7; Masquage; **ModifierRessources;10** 2015-04-28_11:12:20; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Choix->Indice5 2015-04-28_11:13:26; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Sur l'étiquetage de mes produits alimentaires_##_ je trouve un logo existant depuis le premier Juillet 2010** 2015-04-28_11:13:26; usr_8_to_7; Masquage; **ModifierRessources;12** 2015-04-28_11:15:49; usr_8_to_7; Masquage; CreerIndice; Physique->Indice7 2015-04-28_11:16:31; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; **Mon facteur d'activité est de 1,37** 2015-04-28_11:16:31; usr_8_to_7; Masquage; **ModifierRessources;7** **Séance 3** 2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Mon indice de masse corporelle est entre 23,3 et 23,5 a l'aide de la **ressource 1** 2015-05-05_10:38:40; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Mon facteur d'activité est de 1_##_95 a l'aide de la **ressource 7** 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Je ne mange pas d'ambassadeur dans la **ressource 23** 2015-05-05_10:48:37; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; J'ai trop de C27H46O **ressource 34** 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion. **Ressource 10**

			2015-05-05_10:54:09; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; J'ai un IDH autant élevé que celui du Japon. **Ressource 65** 015-05-05_10:56:15; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; L'Argentine est le 2eme pays producteur des produits que je consomme. **Ressource 12** 2015-05-05_10:58:31; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; J'aime C6H12O6. **Ressource 38** 2015-05-05_11:02:14; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; J'aime les sports du triathlon. **Ressource 4** 2015-05-05_11:04:24; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Les cereales sont les aliments de base de mon alimentation. **Ressource 66** 2015-05-05_11:05:45; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; A Tokyo_##_ pour me payer un Big mac je dois travailler 9 minutes **ressource 67** **Séance 5** 2015-05-19_10:34:39; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Je n'ai pas le droit de manger de bonbons lors d'une certaine période de l'année** ressource 10 2015-05-19_10:36:47; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **J'ai le même IDH que le pays au nord du Mexique** Ressource 65 2015-05-19_10:38:55; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **La convivialité est le modèle de mon alimentation** Resource 66 2015-05-19_10:39:47; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Je pratique les sports du triathlon** Ressource 4

			2015-05-19_10:43:30; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Le pain, sans l'aliment que j'aime, parait comme insipide** Ressource 64 2015-05-19_10:49:38; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Il faut travailler 9 fois moins de temps à Tokyo qu'à Caracas pour m'acheter un Big Mac. Mon pouvoir d'achat est le même que celui de Tokyo**. Ressource 67 2015-05-19_10:50:51; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Mon facteur d'activité est de 1,37** Ressource 7 2015-05-19_10:57:20; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Mon IMC est de 19,7** Ressource 1 2015-05-19_10:59:50; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; **Je suis allergique à un compose de la** ressource 141 2015-05-19_11:03:09; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Je n'ai pas de maladies (diabète ou cholestérol) **Ressources 24, 34**
		2Imct	**Séance 3** 2015-05-05_10:55:46; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice4; 2015-05-05_10:56:15; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "L'Argentine est le 2eme pays producteur des produits que je consomme. Ressource 12"; 2015-05-05_10:58:06; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice5; 2015-05-05_10:58:31; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'aime C6H12O6. Ressource 38"; 2015-05-05_10:35:05; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Physique**->Indice5;

			2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon indice de masse corporelle est entre 23,3 et 23,5 à l'aide de la ressource 1"; 2015-05-05_10:38:03; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Physique**->Indice6; 2015-05-05_10:38:40; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon facteur d'activité est de 1,95 à l'aide de la ressource 7"; 2015-05-05_10:45:29; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice4; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Je ne mange pas d'ambassadeur dans la ressource 23"; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierRessources; ; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice5; 2015-05-05_10:48:37; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai trop de C27H46O ressource 34"; 2015-05-05_10:50:23; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice4; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion. Ressource 10"; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice5; 2015-05-05_10:54:09; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai un IDH autant élevé que celui du Japon. Ressource 65."; 2015-05-05_10:55:46; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice4; 2015-05-05_10:56:15; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "L'Argentine est
		2Imcr	
		Ixtc	**Séance 3**

			le 2eme pays producteur des produits que je consomme. Ressource 12"; 2015-05-05_10:58:06; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice5; 2015-05-05_10:58:31; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'aime C6H12O6. Ressource 38"; 2015-05-05_11:01:35; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice6; 2015-05-05_11:02:14; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'aime les sports du triathlon. Ressource 4"; 2015-05-05_10:35:05; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Physique**->Indice5; 2015-05-05_10:36:44; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon indice de masse corporelle est entre 23,3 et 23,5 à l'aide de la ressource 1"; 2015-05-05_10:38:03; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Physique**->Indice6; 2015-05-05_10:38:40; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Mon facteur d'activité est de 1,95 à l'aide de la ressource 7"; 2015-05-05_10:45:29; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice4; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Je ne mange pas d'ambassadeur dans la ressource 23"; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierRessources; ; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice5; 2015-05-05_10:48:37; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai trop de C27H46O ressource 34";

			2015-05-05_11:04:33; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice6; 2015-05-05_11:05:45; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "A Tokyo, pour me payer un Big mac je dois travailler 9 minutes ressource 67"; 2015-05-05_10:50:23; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice4; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion. Ressource 10"; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice5; 2015-05-05_10:54:09; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai un IDH autant élevé que celui du Japon. Ressource 65."; 2015-05-05_11:03:33; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice6; 2015-05-05_11:04:24; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Les céréales sont les aliments de base de mon alimentation. Ressource 66.";
		Ixcr	**Séance 3** 2015-05-05_10:55:46; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice4; 2015-05-05_10:56:15; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "L'Argentine est le 2eme pays producteur des produits que je consomme. Ressource 12"; 2015-05-05_10:58:06; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice5; 2015-05-05_10:58:31; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'aime C6H12O6. Ressource 38"; 2015-05-05_11:01:35; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Choix**->Indice6; 2015-05-05_11:02:14; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'aime les sports du triathlon. Ressource 4";

			2015-05-05_10:45:29; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice4; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Je ne mange pas d'ambassadeur dans la ressource 23"; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; ModifierRessources; ; 2015-05-05_10:46:21; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice5; 2015-05-05_10:48:37; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai trop de C27H46O ressource 34"; 2015-05-05_11:04:33; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **Contraintes**->Indice6; 2015-05-05_11:05:45; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "A Tokyo, pour me payer un Big mac je dois travailler 9 minutes ressource 67"; 2015-05-05_10:50:23; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice4; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion. Ressource 10"; 2015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice5; 2015-05-05_10:54:09; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "J'ai un IDH autant élevé que celui du Japon. Ressource 65."; 2015-05-05_11:03:33; usr_7_to_8; Masquage; CreerIndice; **ES**->Indice6; 2015-05-05_11:04:24; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; "Les céréales sont les aliments de base de mon alimentation. Ressource 66.";
		(CI)	**Séance 3** 2015-05-05_10:48:37; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; **J'ai trop de C27H46O** ressource 34

			2015-05-05_10:58:31; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice**; J'aime C6H12O6**. Ressource 38
		(dcF)	**Séance 2** 2015-04-28_11:04:10; usr_8_to_7; Masquage; ModifierIndice; Je ne mange pas de viande certains vendredi de ma vie. 2015-04-28_11:04:10; usr_8_to_7; Masquage; ModifierRessources;10 **Séance 3** 015-05-05_10:51:28; usr_7_to_8; Masquage; ModifierIndice; Les Japonais sont principalement des pratiquants de ma religion. Ressource 10 **Séance 3** 2015-05-19_10:34:39; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Je n'ai pas le droit de manger de bonbons lors d'une certaine période de l'année ressource 10
		(Isd)	**Séance 2** 2015-04-28_10:54:51; Masquage; ModifierIndice; J'ai vécu plus d'un demi centenaire; 2015-04-28_10:54:51; Masquage; ModifierRessources; ; 2015-04-28_11:22:25; Masquage; ModifierIndice; La cote de la mer sur laquelle j'habite est la meme qu'e tunisie et j'aime la salade grecque ; 2015-04-28_11:22:25; Masquage; ModifierRessources; ; **Séance 5** 2015-05-19_11:01:03; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Je n'ai pas de vagin Ressource:regardez votre anatomie 2015-05-19_11:02:14; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; J'ai entre 59 et 61 ans
		(V2)	**Séance 2** 2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; **Destination; ES**

			2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice1 2015-04-28_11:38:04; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2 2015-04-28_11:38:08; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; **Destination; ES** 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice2 2015-04-28_11:38:21; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;1 2015-04-28_11:38:23; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:23; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Joker 2015-04-28_11:38:25; usr_7_to_8; Plateau; **Joker; Physique** 2015-04-28_11:38:25; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice1 2015-04-28_11:39:20; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2 2015-04-28_11:39:22; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (5 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (6 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; **Destination; Physique** 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice2 2015-04-28_11:40:35; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;3 2015-04-28_11:40:37; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (5 2015-04-28_11:40:39; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; **Destination; Activites** 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice3 2015-04-28_11:41:08; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2

			2015-04-28_11:41:11; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; **Destination; Activites** 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice4
		(Ipldc)	2015-05-19_11:03:09; usr_10_to_9; Masquage; ModifierIndice; Je n'ai pas de maladies (diabète ou cholestérol) **Ressources 24, 34**
		(V4)	2015-05-05_11:09:54; usr_8_to_7; Plateau; **IndiceObtenu; Choix**->Indice0 2015-05-05_11:10:19; usr_8_to_7; Plateau; **IndiceObtenu; Physique**->Indice0 2015-05-05_11:10:29; usr_8_to_7; Plateau; **IndiceObtenu; Contraintes** 2015-05-05_11:10:39; usr_8_to_7; Plateau; **IndiceObtenu; Activites**->Indice0
		(Dfm)	**Séance 2** 2015-04-28_11:23:44; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0 2015-04-28_11:24:20; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:24:49; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:27:09; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;4 2015-04-28_11:27:14; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:27:17; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:27:18; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:27:19; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (3 2015-04-28_11:27:19; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Joker 2015-04-28_11:27:25; usr_7_to_8; Plateau; Joker; Activite 2015-04-28_11:27:25; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice0 2015-04-28_11:27:43; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage

			2015-04-28_11:27:51; usr_7_to_8; Demasquage; ModifierCarac; ModeleAlim->2_mediterraneen.png 2015-04-28_11:27:57; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:28:00; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;1 2015-04-28_11:28:03; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:28:03; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Contraintes 2015-04-28_11:28:03; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0 2015-04-28_11:29:45; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:29:50; usr_7_to_8; Demasquage; ModifierCarac; PouvoirAchat->3_eleve.png 2015-04-28_11:29:53; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:29:57; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;5 2015-04-28_11:30:01; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (3 2015-04-28_11:30:02; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (2 2015-04-28_11:30:04; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (2 2015-04-28_11:30:05; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (2 2015-04-28_11:30:06; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (3 2015-04-28_11:30:06; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Joker 2015-04-28_11:30:10; usr_7_to_8; Plateau; Joker; Contraintes 2015-04-28_11:30:10; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice1 2015-04-28_11:30:19; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:30:27; usr_7_to_8; Demasquage; ModifierCarac; Allergie->celeri.png 2015-04-28_11:30:31; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau

			2015-04-28_11:30:34; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;1 2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Activites 2015-04-28_11:30:37; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice1 2015-04-28_11:31:04; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:31:59; usr_7_to_8; **Demasquage; ModifierCarac; Metier->0_sedentaire.png** 2015-04-28_11:32:51; usr_7_to_8; **Demasquage; ModifierCarac; Religion->chretien.png** 2015-04-28_11:33:31; usr_7_to_8; **Demasquage; ModifierCarac; Sport->aucune.png** 2015-04-28_11:34:14; usr_7_to_8; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-04-28_11:34:14; usr_7_to_8; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-04-28_11:34:14; usr_7_to_8; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-04-28_11:37:55; usr_7_to_8; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-04-28_11:37:55; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:37:55; usr_7_to_8; Plateau; LancementTimer;600 2015-04-28_11:38:04; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2 2015-04-28_11:38:08; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Activites 2015-04-28_11:38:09; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice2 2015-04-28_11:38:21; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;1 2015-04-28_11:38:23; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:38:23; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Joker

			2015-04-28_11:38:25; usr_7_to_8; Plateau; Joker; Physique 2015-04-28_11:38:25; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice1 2015-04-28_11:38:49; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:39:17; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:39:20; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2 2015-04-28_11:39:22; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (5 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (6 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Physique 2015-04-28_11:39:23; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice2 2015-04-28_11:40:16; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:40:33; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:40:35; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;3 2015-04-28_11:40:37; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (5 2015-04-28_11:40:39; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Activites 2015-04-28_11:40:44; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice3 2015-04-28_11:40:48; usr_7_to_8; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-04-28_11:40:49; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:40:56; usr_7_to_8; Demasquage; ModifierCarac; IDH->3_treseleve.png 2015-04-28_11:41:06; usr_7_to_8; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-04-28_11:41:08; usr_7_to_8; Plateau; LancerDe;2

			2015-04-28_11:41:11; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; Deplacement; (4 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; Destination; Activites 2015-04-28_11:41:12; usr_7_to_8; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice4 2015-04-28_11:41:37; usr_7_to_8; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-04-28_11:42:02; usr_7_to_8; **Demasquage; ModifierCarac; AgeSexe->60F.png**
		(Dpo)	**Séance 3** 2015-05-05_11:09:54; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Choix->Indice0 2015-05-05_11:10:13; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;5 2015-05-05_11:10:15; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-05_11:10:16; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (9 2015-05-05_11:10:18; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (10 2015-05-05_11:10:19; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (9 2015-05-05_11:10:19; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-05_11:10:19; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Physique 2015-05-05_11:10:19; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0 2015-05-05_11:10:24; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;5 2015-05-05_11:10:25; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-05_11:10:26; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (7 2015-05-05_11:10:27; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-05_11:10:28; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-05_11:10:29; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-05_11:10:29; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Contraintes

			2015-05-05_11:10:29; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0 2015-05-05_11:10:36; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;3 2015-05-05_11:10:37; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-05_11:10:38; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:10:39; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:10:39; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Activites 2015-05-05_11:10:39; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice0 2015-05-05_11:10:43; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;4 2015-05-05_11:10:44; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-05_11:10:45; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:10:46; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-05_11:10:47; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (2 2015-05-05_11:10:47; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Contraintes 2015-05-05_11:10:47; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice1 2015-05-05_11:12:56; usr_8_to_7; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-05-05_11:13:00; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Metier->2_actif.png** 2015-05-05_11:13:43; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; ModeleAlim->1_asiatique.png** 2015-05-05_11:14:36; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; PouvoirAchat->3_eleve.png** 2015-05-05_11:15:22; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Maladie->cholesterol.png** 2015-05-05_11:16:10; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Sport->endurance.png** 2015-05-05_11:16:17; usr_8_to_7; Demasquage; Stop;239

			2015-05-05_11:16:17; usr_8_to_7; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-05-05_11:16:17; usr_8_to_7; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-05-05_11:16:17; usr_8_to_7; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-05-05_11:16:20; usr_8_to_7; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-05-05_11:16:20; usr_8_to_7; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-05-05_11:16:20; usr_8_to_7; Plateau; LancementTimer;600 2015-05-05_11:16:23; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;1 2015-05-05_11:16:26; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-05_11:16:26; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Penalite 2015-05-05_11:16:33; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;1 2015-05-05_11:16:37; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:16:37; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Contraintes 2015-05-05_11:16:37; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice2 2015-05-05_11:16:40; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;2 2015-05-05_11:16:42; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-05_11:16:43; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:16:43; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Activites 2015-05-05_11:16:43; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice1 2015-05-05_11:16:46; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;6 2015-05-05_11:16:47; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:16:48; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-05_11:16:49; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-05_11:16:50; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (2 2015-05-05_11:16:51; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (1

			2015-05-05_11:16:53; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (0 2015-05-05_11:16:53; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Penalite 2015-05-05_11:16:56; usr_8_to_7; Plateau; LancerDe;1 2015-05-05_11:16:57; usr_8_to_7; Plateau; Deplacement; (1 2015-05-05_11:16:57; usr_8_to_7; Plateau; Destination; Activites 2015-05-05_11:16:57; usr_8_to_7; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice2 2015-05-05_11:17:03; usr_8_to_7; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-05-05_11:17:34; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Allergie->amande.png** 2015-05-05_11:17:58; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Religion->bouddhiste.png** 2015-05-05_11:18:30; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; IDH->3_treseleve.png** 2015-05-05_11:18:44; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Taille->Taille** 2015-05-05_11:18:56; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Taille->1_##_8.png** 2015-05-05_11:18:59; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Poids->75.png** 2015-05-05_11:19:06; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; AgeSexe->35M.png** 2015-05-05_11:19:12; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Taille->Taille** 2015-05-05_11:19:16; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Taille->1_##_8.png** 2015-05-05_11:20:04; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Consommateur->1_vegetalien.png** 2015-05-05_11:20:19; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Consommateur->2_vegetarien.png**

			2015-05-05_11:20:28; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Gout->Gout** 2015-05-05_11:20:32; usr_8_to_7; **Demasquage; ModifierCarac; Gout->3_varie.png** **Séance 5** 2015-05-19_11:05:21; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Choix->Indice0 2015-05-19_11:05:25; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;4 2015-05-19_11:05:27; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-19_11:05:28; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:05:29; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:05:30; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:05:30; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Activites 2015-05-19_11:05:31; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice0 2015-05-19_11:05:33; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;5 2015-05-19_11:05:35; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-19_11:05:40; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:05:41; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-19_11:05:43; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (2 2015-05-19_11:05:44; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (2 2015-05-19_11:05:44; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Choix 2015-05-19_11:05:44; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Choix->Indice1 2015-05-19_11:05:45; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;4 2015-05-19_11:05:49; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (2 2015-05-19_11:05:50; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (3 2015-05-19_11:05:51; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4

			2015-05-19_11:05:52; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:05:52; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Contraintes 2015-05-19_11:05:52; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice0 2015-05-19_11:05:54; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;3 2015-05-19_11:05:56; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-19_11:05:57; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:05:58; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:05:58; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Joker 2015-05-19_11:06:00; usr_9_to_10; Plateau; Joker; Physique 2015-05-19_11:06:00; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice0 2015-05-19_11:06:04; usr_9_to_10; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-05-19_11:06:26; usr_9_to_10; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-05-19_11:06:28; usr_9_to_10; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-05-19_11:08:33; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Gout->1_sale.png 2015-05-19_11:08:42; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Consommateur->bio.png 2015-05-19_11:08:50; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Consommateur->Consommateur 2015-05-19_11:08:52; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Consommateur->bio.png 2015-05-19_11:09:20; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; ModeleAlim->2_mediterraneen.png 2015-05-19_11:09:45; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; AgeSexe->60F.png 2015-05-19_11:09:50; usr_9_to_10; Demasquage; Stop;342

			2015-05-19_11:09:50; usr_9_to_10; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-05-19_11:09:50; usr_9_to_10; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-05-19_11:09:50; usr_9_to_10; Regles; ChangementOnglet; Regles 2015-05-19_11:09:53; usr_9_to_10; Ressource; ChangementOnglet; Ressource 2015-05-19_11:09:54; usr_9_to_10; Plateau; ChangementOnglet; Plateau 2015-05-19_11:09:54; usr_9_to_10; Plateau; LancementTimer;600 2015-05-19_11:09:56; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;6 2015-05-19_11:09:58; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:09:58; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-19_11:09:59; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:00; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (7 2015-05-19_11:10:00; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-19_11:10:01; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-19_11:10:01; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Physique 2015-05-19_11:10:01; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice1 2015-05-19_11:10:10; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;4 2015-05-19_11:10:12; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (8 2015-05-19_11:10:14; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (7 2015-05-19_11:10:15; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:16; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-19_11:10:16; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Choix 2015-05-19_11:10:16; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Choix->Indice2 2015-05-19_11:10:19; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;4 2015-05-19_11:10:22; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6

			2015-05-19_11:10:23; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:24; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:25; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:25; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Contraintes 2015-05-19_11:10:25; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Contraintes->Indice1 2015-05-19_11:10:28; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;5 2015-05-19_11:10:31; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:32; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:33; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:36; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-19_11:10:38; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (6 2015-05-19_11:10:38; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Physique 2015-05-19_11:10:38; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Physique->Indice2 2015-05-19_11:10:40; usr_9_to_10; Plateau; LancerDe;3 2015-05-19_11:10:43; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (5 2015-05-19_11:10:45; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:10:45; usr_9_to_10; Plateau; Deplacement; (4 2015-05-19_11:10:45; usr_9_to_10; Plateau; Destination; Activites 2015-05-19_11:10:45; usr_9_to_10; Plateau; IndiceObtenu; Activites->Indice1 2015-05-19_11:10:48; usr_9_to_10; Demasquage; ChangementOnglet; Demasquage 2015-05-19_11:10:55; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; AgeSexe->60M.png 2015-05-19_11:11:30; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Maladie->aucune2.png

			2015-05-19_11:11:32; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Maladie->aucune.png 2015-05-19_11:11:40; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Maladie->aucune.png 2015-05-19_11:11:46; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Allergie->aucune.png 2015-05-19_11:12:18; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Sport->endurance.png 2015-05-19_11:13:19; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; IDH->3_treseleve.png 2015-05-19_11:13:25; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Religion->Religion 2015-05-19_11:13:38; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; PouvoirAchat->PouvoirAchat 2015-05-19_11:14:31; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Poids->75.png 2015-05-19_11:15:58; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Taille->1_##_95.png 2015-05-19_11:16:03; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Metier->1_moyen.png 2015-05-19_11:16:10; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; Religion->athe.png 2015-05-19_11:16:19; usr_9_to_10; Demasquage; ModifierCarac; PouvoirAchat->2_moyen.png

Tableau 18 : SP18 : Les documents mobilisés par la classe

	Traces séance 1					Traces séance 2					Traces séance 3					Traces séance 4					Traces séance 5						Total
	10					11					12					7					7						47
	dN	Indices				dN	Indices				dN	Indices				dN	Indices				dN	Indices					
						9	9																				
						8	8				9	11	1	1		7	8	1									
						6	6				10	12	1	1													
						8	11	2	1		8	14		5	1												
						4	4				7	9	1	1		5	8			3							
	5	5				8	8														10	11	1				
	2	2				6	8		2		11	12	1														
	6	6				4	7		1	2	11	12			1	8	10		1	1	10	14	2	1	1		
											6	7	1			8	12	4			10	12	1	1	1	1	
	2	2				9	13	1	1	2																	
	4	4				8	9	1			11	11				12	12				9	11		2			
	1	1									7	13	1	3	2						11	14	1	1	1		
	3	3				7	8			1																	
	4	4									11	11				11	11				13	12	1			2	
											8	10		1	1												
											10	12		2							12	13			1		
	5	6			1											11	13	1	1								
	3	5		2																							
Documents numériques utilisés	**35**					**77**					**109**					**62**					**75**						**358**
Indices construits		**38**					**91**					134					74					87					**337**
Indices construits sans documents				**2**					**5**					**14**					**2**								**23**
Indices documents non numériques					**1**					**5**					**5**					4				4			**19**
Documents pour plusieurs indices								4					6					**6**					**6**				**22**
Indices plusieurs documents																										**3**	**3**

3) Analyse automatique de la *trace numérique d'interaction* d'une classe du cours de MPS avec le jeu MTAT

SP3 Construire au moins 2 indices correspondants à une même catégorie

Étiquettes de ligne	Somme de Activites	Somme de Choix	Somme de Contraintes	Somme de Physique
usr_1_to_2	1	1	1	1
usr_10_to_9	3	3	3	6
usr_11_to_12	2	2	1	2
usr_12_to_11	6	8	6	8
usr_13_to_14	2	3	3	5
usr_14_to_13	0	0	0	0
usr_15_to_16	3	1	1	2
usr_16_to_15	7	6	7	10
usr_17_to_18	2	2	1	1
usr_18_to_17	5	5	5	7
usr_19_to_20	2	2	3	4
usr_2_to_1	5	5	6	5
usr_20_to_19	0	0	0	0
usr_3_to_4	3	2	2	4
usr_4_to_3	4	5	3	5
usr_5_to_6	3	5	4	4
usr_6_to_5	0	0	0	0
usr_7_to_8	4	5	4	5
usr_8_to_7	3	2	2	3
usr_9_to_10	6	6	6	7
Total général	**61**	**63**	**58**	**79**

SP4 Construire au moins 2 indices correspondants à une même caractéristique

Étiquettes de ligne	Somme de Age	Sexe	Somme de Allergie	Somme de Consommateur	Somme de Gout	Somme de IDH	Somme de Maladie	Somme de Metier	Somme de Modele	Alin	Somme de Poids	Somme de PouvoirAchat
usr_1_to_2	0		0	0	0	0	0	0	0		0	1
usr_10_to_9	1		0	2	0	1	0	0	0		1	1
usr_11_to_12	3		0	1	0	1	0	0	0		1	1
usr_12_to_11	2		0	4	0	2	2	1	1		1	4
usr_13_to_14	1		1	2	0	1	1	0	0		1	2
usr_14_to_13	0		0	0	0	0	0	0	0		0	0
usr_15_to_16	1		0	0	0	1	0	0	0		1	1
usr_16_to_15	4		0	5	0	2	2	1	0		2	5
usr_17_to_18	1		0	1	0	1	1	0	1		0	0
usr_18_to_17	3		1	4	0	2	2	0	0		1	4
usr_19_to_20	3		0	2	0	1	1	0	0		1	3
usr_2_to_1	6		0	5	0	2	3	1	0		2	7
usr_20_to_19	0		0	0	0	0	0	0	0		0	0
usr_3_to_4	3		0	1	0	1	1	0	0		1	2
usr_4_to_3	1		0	3	1	0	1	1	1		2	2
usr_5_to_6	2		0	3	1	1	2	0	0		1	2
usr_6_to_5	0		0	0	0	0	0	0	0		0	0
usr_7_to_8	3		0	2	0	1	1	0	0		1	2
usr_8_to_7	0		0	1	0	1	0	0	0		0	2
usr_9_to_10	4		0	4	1	3	2	0	0		2	4
Total général	**38**		**2**	**40**	**3**	**21**	**19**	**4**	**3**		**18**	**43**

SP5 Construire au moins un indice par chacune des 4 catégories, pour remplir toutes les catégories du personnage (Ixct)

Étiquettes d	Somme de A	Somme de	Somme d	Somme de Gout	Somm	Somm	Somme	Somme d	Somme de Po	Somme
usr_1_to_2	2	0	0	1	1	1	0	0	0	1
usr_10_to_9	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1
usr_11_to_12	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1
usr_12_to_11	3	0	4	0	2	0	1	0	0	6
usr_13_to_14	2	0	3	0	1	0	0	0	0	4
usr_14_to_13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
usr_15_to_16	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2
usr_16_to_15	3	0	5	0	1	0	0	0	0	6
usr_17_to_18	3	0	2	0	0	0	0	0	0	2
usr_18_to_17	3	0	4	0	0	0	0	0	0	5
usr_19_to_20	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1
usr_2_to_1	3	0	4	0	1	1	0	0	0	3
usr_20_to_19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
usr_3_to_4	2	0	2	0	1	1	0	0	0	2
usr_4_to_3	1	0	3	0	1	2	1	0	0	2
usr_5_to_6	3	0	3	0	0	1	0	0	0	2
usr_6_to_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
usr_7_to_8	6	0	5	0	1	1	0	0	0	4
usr_8_to_7	2	0	2	0	2	0	0	0	0	3
usr_9_to_10	5	0	3	2	4	2	0	0	0	5
Total général	**44**	**0**	**47**	**3**	**16**	**9**	**2**	**0**	**0**	**50**

SP6 Construire au moins un indice par chacune des caractéristiques correspondantes à une même catégorie, pour remplir toutes les caractéristiques du personnage (Ixcr)

Étiquettes de ligne	Somme de Activites	Somme de Choix	Somme de Contraintes	Somme de Physique
usr_1_to_2	0	0	0	0
usr_10_to_9	0	0	0	0
usr_11_to_12	0	0	0	0
usr_12_to_11	0	0	0	0
usr_13_to_14	0	0	0	0
usr_14_to_13	0	0	0	0
usr_15_to_16	0	0	0	0
usr_16_to_15	0	0	0	1
usr_17_to_18	0	0	0	0
usr_18_to_17	0	0	1	0
usr_19_to_20	0	0	0	0
usr_2_to_1	0	0	0	1
usr_20_to_19	0	0	0	0
usr_3_to_4	0	0	0	0
usr_4_to_3	0	1	0	0
usr_5_to_6	0	1	0	0
usr_6_to_5	0	0	0	0
usr_7_to_8	0	1	0	0
usr_8_to_7	0	0	0	0
usr_9_to_10	0	1	0	0
Total général	**0**	**4**	**1**	**2**

SP13 Valider au moins 2 cases du plateau consécutivement, correspondantes à une même catégorie, (V2)

Étiquettes de ligne	Somme de Activites	Somme de Choix	Somme de Contraintes	Somme de Physique
usr_1_to_2	6	5	3	6
usr_10_to_9	5	6	6	5
usr_11_to_12	6	10	9	7
usr_12_to_11	3	2	1	1
usr_13_to_14	0	0	0	0
usr_14_to_13	7	2	2	3
usr_15_to_16	10	7	3	7
usr_16_to_15	1	0	0	3
usr_17_to_18	5	7	6	4
usr_18_to_17	0	0	0	0
usr_19_to_20	0	0	0	0
usr_2_to_1	1	2	2	1
usr_20_to_19	4	3	1	6
usr_3_to_4	4	2	3	5
usr_4_to_3	2	2	5	3
usr_5_to_6	0	0	0	0
usr_6_to_5	4	6	4	4
usr_7_to_8	5	1	2	3
usr_8_to_7	7	3	5	4
usr_9_to_10	4	2	3	4
Total général	**74**	**60**	**55**	**66**

SP14 Valider des cases correspondantes à quatre catégories différentes pour obtenir les caractéristiques où l'adversaire n'a pas construit des indices (V4)

Joueur	Nombre
usr_1_to_2	3
usr_2_to_1	2
usr_3_to_4	3
usr_4_to_3	3
usr_5_to_6	0
usr_6_to_5	4
usr_7_to_8	2
usr_8_to_7	3
usr_9_to_10	3
usr_10_to_9	5
usr_11_to_12	5
usr_12_to_11	2
usr_13_to_14	0
usr_14_to_13	3
usr_15_to_16	4
usr_16_to_15	0
usr_17_to_18	5
usr_18_to_17	0
usr_19_to_20	0
usr_20_to_19	2

SP17 Démasquer au fur et au mesure que les indices sont obtenus

Étiquettes de ligne	Somme de Activites	Somme de Choix	Somme de Contraintes	Somme de Physique
usr_1_to_2	9	2	11	6
usr_10_to_9	7	7	11	6
usr_11_to_12	3	9	9	10
usr_12_to_11	6	3	4	4
usr_13_to_14	0	0	0	0
usr_14_to_13	5	8	2	2
usr_15_to_16	11	11	7	10
usr_16_to_15	2	1	0	3
usr_17_to_18	2	8	1	1
usr_18_to_17	1	2	2	0
usr_19_to_20	0	0	0	0
usr_2_to_1	0	3	2	0
usr_20_to_19	3	10	2	10
usr_3_to_4	7	5	2	6
usr_4_to_3	1	9	5	11
usr_5_to_6	0	0	0	0
usr_6_to_5	5	1	8	11
usr_7_to_8	1	0	5	3
usr_8_to_7	8	8	12	4
usr_9_to_10	2	0	0	5
Total général	**73**	**87**	**83**	**92**