



HAL
open science

L'influence des interactions collaboratives et coopératives sur l'inventivité lors de la conception d'un artefact numérique d'apprentissage : Le cas du projet REMASCO pour " Réinventer le manuel scolaire " en mobilisant les techniques numériques

Luis Galindo

► To cite this version:

Luis Galindo. L'influence des interactions collaboratives et coopératives sur l'inventivité lors de la conception d'un artefact numérique d'apprentissage : Le cas du projet REMASCO pour " Réinventer le manuel scolaire " en mobilisant les techniques numériques. Sciences de l'information et de la communication. Université de Poitiers, 2020. Français. NNT : 2020POIT5014 . tel-03795277

HAL Id: tel-03795277

<https://theses.hal.science/tel-03795277v1>

Submitted on 4 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE

Pour l'obtention du Grade de
Docteur de l'Université de Poitiers
en sciences de l'information et de la communication
(Diplôme National - Arrêté du 25 mai 2016)

U.F.R. : L&L

École Doctorale : Cognition, Comportement, Langage(s)
Section CNU : 71

PRÉSENTÉE PAR :
Luis GALINDO

**L'influence des interactions collaboratives et coopératives sur l'inventivité
lors de la conception d'un artefact numérique d'apprentissage
Le cas du projet REMASCO pour « Réinventer le manuel scolaire » en mobilisant les
techniques numériques**

DIRECTEUR DE THÈSE :

Jean-François CERISIER

Professeur, Université de Poitiers

CO-ENCADRANT DE THÈSE :

Bruno DEVAUCHELLE

Chercheur associé, Université de Poitiers

JURY

Jean-François CERISIER, Professeur des universités, Université de Poitiers – DIRECTEUR

Bruno DEVAUCHELLE, Chercheur associé, Université de Poitiers – CO-ENCADRANT

Éric BRUILLARD, Professeur des universités, Université Paris Descartes - RAPPORTEUR

Laurent PETIT, Professeur des universités, Université Paris Sorbonne - RAPPORTEUR

Wendy MACKAY, Directrice de recherche, INRIA Université Paris Saclay –

EXAMINATRICE

Christine MICHEL, Professeure des universités, Université de Poitiers, EXAMINATRICE

Jean-Marc MERRIAUX, Directeur du numérique pour l'éducation, ministère de l'Éducation
nationale et de la Jeunesse – EXAMINATEUR

Soutenue le : novembre 2020

“Des savoirs & des talents”



Résumé

Il est souvent attendu que la conception en groupe soit plus créative et inventive. La performance d'un groupe de conception inventif peut se mesurer en fonction de trois facteurs : le nombre total de contributions (idées), la distribution homogène du taux de contribution au sein du groupe et l'exploration de nouvelles idées. Alors que les technologies numériques remettent en question les utilisations, la forme, la conception et les interactions proposées par les artefacts d'apprentissage numériques, on observe que beaucoup de ressources numériques destinées aux apprentissages scolaires s'apparentent à des facsimilés numériques de ressources imprimées. Ainsi, le potentiel supposé des techniques numériques n'est pas actualisé et on constate un manque d'inventivité dans la conception des versions numériques d'artefacts d'apprentissage. La présente thèse propose une méthode de conception favorisant les interactions collaboratives — en opposition aux interactions coopératives — qui influencerait le niveau d'inventivité dans le processus de conception des artefacts d'apprentissage numériques. L'organisation coopérative organise un partage des tâches de conception qui sont distribuées entre intervenants experts de leurs domaines alors que l'organisation collaborative mise sur la confrontation des points de vue, idées et apports de tous les participants à des ateliers de conception réunissant des groupes d'intervenants aux profils et compétences hétérogènes. Pour tester notre hypothèse, nous avons choisi le manuel scolaire numérique comme un artefact d'apprentissage numérique, car il est emblématique des ressources éducatives et prête aussi bien à une simple numérisation de manuels imprimés qu'à des transpositions qui bénéficient de fonctionnalités nouvelles permises par le recours au numérique. Nous avons proposé une étude expérimentale en formant six groupes de conception inter-catégoriels composés de l'ensemble des acteurs du système éducatif et travaillant en ligne. Ainsi, nous avons tracé et quantifié toutes les interactions en ligne entre les participants de chaque groupe au cours des trois mois qu'a duré le processus de conception. Nous avons constaté 1) que les interactions collaboratives dans le processus de conception des artefacts d'apprentissage améliorent la qualité de la circulation des idées par rapport aux groupes de conception coopératifs qui ont divisé le travail ; 2) une corrélation positive entre le coefficient de collaboration de chaque groupe de conception et le niveau d'inventivité de l'artefact conçu ; et 3) une corrélation au plan individuel entre le nombre de confrontations à une idée déterminée lors du processus de conception et la probabilité de

l'adopter. Nous avons observé que l'artefact conçu pourrait être une représentation de la circulation des idées de l'ensemble du groupe à l'échelle collective, les idées du groupe se traduisant dans l'artefact conçu. Nous postulons que cet artefact pourrait ensuite avoir le potentiel d'influencer les mêmes concepteurs du groupe. Suite à cette recherche, nous avons testé la méthode de conception proposée à plusieurs reprises pour la faire évoluer. Les nouvelles versions de la méthode utilisent tant des séances de travail de conception collaboratif comme des séances de travail de conception coopératif en fonction de la nature de la tâche à réaliser dans chaque étape du processus de conception. Enfin, compte tenu du fait que nous nous intéressons aux dynamiques collaboratives et coopératives dans la méthode de conception proposée par ce travail, il faut signaler l'importance de prendre en compte les risques de simplification assumés de cette thèse concernant les choix méthodologiques au moment d'interpréter les résultats.

Mots-clés : collaboration, coopération, conception, invention, interactions, artefacts d'apprentissage numériques, manuel scolaire numérique.

Abstract

Design groups are often expected to be creative and inventive. The performance of an inventive design group can be measured by three factors: the total number of contributions (ideas), the even distribution of the contribution rate within the group, and the exploration of new ideas. Since digital technologies challenge the uses, form, design and interactions proposed by digital learning artifacts, many digital resources for academic learning are similar to digital facsimiles of print resources. Thus, the supposed potential of digital techniques is not being fully realized and there is a lack of inventiveness in the design of digital versions of learning artifacts. This thesis proposes a design method that promotes collaborative interactions - as opposed to cooperative interactions - that would influence the level of inventiveness in the process of designing digital learning artifacts. The cooperative organization organizes shared design tasks that are distributed among educational players who are experts in their fields, whereas the collaborative organization relies on the confrontation of views, ideas and contributions of all participants in design workshops that bring together groups of educational players with heterogeneous profiles and competencies. To test our hypothesis, we chose the digital textbook as a digital learning artifact, as it is emblematic of educational resources and lends itself both to a simple digitization of printed textbooks and to transpositions that benefit from the new functionalities made possible by the use of digital technology. We proposed an experimental study by forming six cross-category design groups composed of all the actors of the educational system and working online. In this way, we traced and quantified all the online interactions between the participants in each group during the three months of the design process. We found 1) that collaborative interactions in the design process improved the quality of the flow of ideas compared to the cooperative design groups that divided the work; 2) a positive correlation between the collaboration coefficient of each design group and the level of inventiveness of the designed artifact; and 3) a correlation at the individual level between the number of confrontations with a given idea during the design process and the probability of adopting it. We observed that the designed artifact could be a representation of the collective flow of ideas of the entire group, with the group's ideas being translated into the designed artifact. We postulate that this artifact could then have the potential to influence those same designers. Following this study, we tested the proposed design method several times to make it evolve.

The new versions of the design method use both collaborative and cooperative design work sessions depending on the nature of the task to be performed in each step of the design process. Finally, given that we are interested in the collaborative and cooperative dynamics in the design method proposed by this research, it is important to note the importance of taking into account the risks of simplification assumed in this thesis regarding methodological choices when interpreting the results.

Keywords: collaboration, cooperation, design, invention, interactions, digital learning artifacts, digital school textbook.

Ce travail est dédié à tous ceux qui ont investi leur temps et leur énergie afin de participer de l'expérimentation scientifique dans le cadre de cette recherche et du projet REMASCO (pour REinventer le MAnuel SCOLAire à l'ère du numérique). Sans ces acteurs du système éducatif, ce travail, à la fois scientifique et industriel, n'aurait pas été possible.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les partenaires du système éducatif qui ont contribué à faire de cette recherche de recherche et de ce projet industriel une réalité : le Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse et en particulier la Direction du Numérique pour l'Éducation (DNE) qui a financé le travail de recherche à travers la convention ADN, la Région Nouvelle-Aquitaine qui a financé le développement des prototypes, le Plan État-Région qui a financé des équipements pour la réalisation de la recherche dans le cadre du programme Numéric du CPER, le groupement d'Intérêt Scientifique « Innover avec le Numérique pour l'Enseignement, la Formation et les Apprentissages (GIS INEFA) et tous les participants de la première phase de la recherche qui ont investi leur temps et leurs efforts pour concevoir un artefact numérique d'apprentissage (un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) en trois mois, et enfin tous les participants de la seconde phase qui ont évalué les prototypes conçus lors de la première phase.

Il est impossible de citer toutes les personnes du système éducatif qui nous ont aidés, pendant ces dernières années, à faire de ce travail une réalité, car il s'agit vraiment de l'ensemble du système.

Enfin, je tiens à remercier personnellement Jean-François, Bruno, toutes les chercheuses et tous les chercheurs auprès desquels j'ai appris énormément. Je suis sûr que nous continuerons à imaginer et à construire ensemble de beaux projets.

Sommaire

<i>Résumé.....</i>	<i>3</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>5</i>
<i>Remerciements.....</i>	<i>8</i>
<i>Sommaire</i>	<i>9</i>
<i>Partie I : introduction.....</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre 1 : introduction à la partie I</i>	<i>2</i>
<i>Chapitre 2 : Positionnement de la recherche</i>	<i>5</i>
<i>Chapitre 3 : livrables attendus</i>	<i>7</i>
<i>Chapitre 4 : structure du document.....</i>	<i>10</i>
<i>Partie II : contexte, problématique et hypothèses</i>	<i>13</i>
<i>Chapitre 1 : le contexte de recherche</i>	<i>14</i>
1.1 Le système éducatif	14
1.2 Les artefacts d'apprentissage dans le système éducatif	17
1.3 Le système éducatif français et les artefacts numériques d'apprentissage.....	23
1.4 Synthèse	30
<i>Chapitre 2 : définition de la problématique</i>	<i>32</i>
2.1 Introduction	32
2.2 Le problème	33
2.3 Synthèse	36
<i>Chapitre 3 : Les hypothèses.....</i>	<i>37</i>
3.1 Introduction	37

3.2 L'hypothèse générale	38
3.3 Synthèse	39
Partie III : cadre théorique	40
Chapitre 1 : introduction à la partie III	41
Chapitre 2 : les modalités de l'action collective	43
2.1 Introduction	43
2.2 Les origines	44
2.3 La coordination et la performance des groupes collaboratifs et coopératifs	45
2.4 L'évolution de la collaboration et de la coopération	53
2.5 Collaboration et coopération assistées par ordinateur	56
2.6 Synthèse	57
Chapitre 3 : le produit de l'action collective.....	58
3.1 Introduction	58
3.2 L'invention en tant que processus individuel.....	58
3.3 L'invention en tant que processus social	60
3.4 Mesurer l'invention.....	62
3.5 La collaboration, la coopération et l'invention collective	64
3.6 Synthèse	65
Chapitre 4 : les objets-frontières et la théorie des réseaux	67
4.1 Introduction	67
4.2 Les objets-frontières	67
4.3 Les objets-frontières et le système éducatif	70
4.4 La théorie des réseaux	73
4.5 Synthèse	77

Chapitre 5 : la théorie de la physique sociale.....	79
5.1 Introduction	79
5.2 La théorie de la physique sociale	81
5.3 Inventivité individuelle et collective	87
5.4 Le modèle d'interactions de la théorie de la physique sociale.....	90
5.5 La théorie de la physique sociale et le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage	92
5.6 Les limites de la théorie de la physique sociale	93
5.7 Synthèse	94
Chapitre 6 : la circulation des idées dans un groupe	95
6.1 Introduction	95
6.2 Comment les idées circulent-elles et se diffusent-elles ?	96
6.3 Le processus d'innovation et la circulation des idées dans un groupe d'individus	99
6.4 La théorie de la physique sociale, la collaboration et la coopération	102
6.5 Synthèse	104
Chapitre 7 : le processus de conception	105
7.1 Introduction	105
7.2 Théorie de la conception	106
7.3 Le processus de conception et le système éducatif	112
7.4 Synthèse	114
Chapitre 8 : synthèse et positionnement	115
Partie IV : cadre méthodologique.....	119
Chapitre 1 : introduction à la partie IV	120
Chapitre 2 : une recherche expérimentale	122

2.1 Introduction	122
2.2 L'approche expérimentale.....	124
2.3 La validité interne de l'expérimentation.....	129
2.4 Synthèse	133
Chapitre 3 : focus sur l'analyse.....	135
3.1 Introduction	135
3.2 Analyse des processus de collaboration, de coopération et d'invention collective.....	136
3.3 Les représentations de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir	146
3.4 Pourquoi utiliser une conception de recherche expérimentale ?.....	147
3.5 Synthèse	149
Chapitre 4 : collecte des données	150
4.1 Introduction	150
4.2 Types de données	151
4.3 Quantité de données.....	154
4.4 Analyse qualitative et quantitative.....	158
4.5 Synthèse	162
Partie V : la méthode de conception proposée et l'expérimentation scientifique	164
Chapitre 1 : la méthode de conception.....	165
1.1 Introduction	165
1.2 Description de la méthode de conception	166
1.3 Le processus de génération et d'élaboration des idées	173
1.4 Le processus d'interaction et de communication	178
1.5 Synthèse	179
Chapitre 2 : le logiciel facilitant les interactions entre les individus	181

2.1 Introduction	181
2.2 Les phases de la méthode de conception.....	182
2.3 Le processus d'élaboration d'idées dans le logiciel, la coopération et la collaboration.....	188
2.4 Les traces numériques d'interaction.....	189
2.5 Synthèse	189
Chapitre 3 : l'expérimentation scientifique.....	191
3.1 Introduction	191
3.2 La préparation.....	192
3.3 La conception de l'artefact numérique d'apprentissage	199
3.4 Évaluation des prototypes en vue de déterminer leur niveau d'invention	203
3.5 Synthèse	204
Partie VI : analyse des résultats	205
Chapitre 1 : analyse 1 — la circulation des idées et les interactions collaboratives et coopératives.....	207
1.1 Introduction	207
1.2 Questions de recherche.....	207
1.3 Méthodologie et objectifs	208
1.4 Résultats.....	210
1.5 Conclusion	232
Chapitre 2 : analyse 2 — la circulation des idées, la collaboration, la coopération et l'inventivité collective	235
2.1 Introduction	235
2.2 Question de recherche	235
2.3 Méthodologie et objectifs	236

2.4 Résultats	238
2.5 Conclusion	250
Chapitre 3 : la circulation des idées et l'influence individuelle et collective	252
3.1 Introduction	252
3.2 Question de recherche	253
3.3 Méthodologie et objectifs	253
3.4 Résultats	256
3.5 Conclusion	277
Conclusion et discussion.....	279
Annexes.....	288
Annexe A – Les prototypes (maquettes).....	288
Annexe B – Les interactions pendant le processus de conception.....	319
Annexe C – Les vidéos envoyées aux participants.....	322
Table des illustrations.....	325
Table des matières détaillée	332
Références bibliographiques.....	340

Partie I : introduction

Les quatre chapitres suivants introduisent notre première partie :

Chapitre 1 : introduction à la partie I

Chapitre 2 : Positionnement de la recherche

Chapitre 3 : livrables attendus

Chapitre 4 : structure du document

Chapitre 1 : introduction à la partie I

De la machine à enseigner de Sidney L. Pressey dans les années 1920 (Benjamin, 1988) aux artefacts — un objet fabriqué par un être humain en se distinguant d'un autre provoqué par un phénomène naturel (Ferret, 1998) — numériques d'apprentissage d'aujourd'hui, le système éducatif a essayé d'améliorer l'éducation avec de nouveaux artefacts technologiques pendant des décennies. Mais ces efforts ont souvent échoué en essayant de transformer l'expérience d'apprentissage (Cuban, 2001, 2008 ; Reich et Ito, 2017 ; Tricot, 2017). Nous postulons que l'une des difficultés relève de la qualité des artefacts numériques utilisés. Nous avons identifié que, lors de leur conception, dans le meilleur des cas, les entreprises et les organisations divisent le travail en sous-groupes destinés à créer les différentes parties de l'artefact numérique d'apprentissage, et spécialisent les différents acteurs pour réaliser des tâches très spécifiques (créer le contenu, donner des conseils, tester l'artefact, etc.) ou ne les intègrent pas du tout dans le processus de conception.

Dans ce contexte, nous pouvons en général identifier deux modes d'interactions au sein d'un groupe de travail : 1) les interactions coopératives, au cours desquelles les partenaires divisent le travail, résolvent les sous-tâches individuellement ou en sous-groupes, puis rassemblent les résultats partiels en vue d'un résultat final et 2) les interactions collaboratives, pendant lesquelles l'ensemble des partenaires réalisent le travail sans le diviser (Dillenbourg, 1999 ; George et Leroux, 2001 ; Helle *et al.*, 2006). La coopération s'est révélée très efficace tout au long de l'histoire pour accomplir des tâches répétitives plus rapidement et ensuite pour assembler les parties à la fin (Durkheim, 2014 ; Merton, 1934). Mais cette façon de travailler pénalise l'égalité de participation entre les partenaires de l'ensemble du groupe. Le fait de pénaliser l'égalité de participation peut avoir un impact sur la performance inventive du groupe, car l'égalité de participation au sein d'un groupe de travail est un élément important qui va prédire la performance inventive du groupe (Engel *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland, 2015).

La littérature scientifique visant à mesurer la performance et l'inventivité au sein des groupes de travail est basée sur des séances de brainstorming allant de 2 à 5 participants par groupe (Gersick et Hackman, 1990) aux interactions entre des centaines de personnes dans le

cadre d'entreprises ou d'organisations entières (Waber *et al.*, 2010). Une grande partie de la recherche consacrée aux interactions coopératives et collaboratives dans un groupe de travail a été élaborée en se concentrant sur le support qui prend en charge ces types d'interactions (Holliman et Scanlon, 2006 ; Jones *et al.*, 2000 ; Littleton et Whitelock, 2005 ; McAllister *et al.*, 2004 ; Rimmershaw, 1999), mais ne traite pas l'impact de la dynamique de ces interactions sur l'inventivité du groupe. En ce sens, peu de recherches ont été faites sur la distinction entre les interactions collaboratives et coopératives dans le travail de groupe (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Roschelle et Teasley, 1995).

Ce travail nous permet d'étudier une méthode de conception que nous avons choisie (à partir des éléments liés à notre expérience de conception) d'expérimenter dans un système éducatif, où les individus d'un groupe de travail collectif sont chargés de trouver la solution à un problème spécifique. Il intègre les perspectives de plusieurs domaines ; plus particulièrement, la collaboration, la conception, le processus d'invention, les artefacts d'apprentissage comme objets frontière et les interactions homme-homme et homme-machine.

De façon plus spécifique, ce travail étudie si une approche collaborative — par opposition à une approche coopérative — lors du processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage, peut améliorer le processus d'invention d'un groupe de travail inter-catégoriel, formé par les différents acteurs du système éducatif. Pour répondre à cette question, nous avons développé une méthode de conception. Nous avons utilisé cette méthode pour concevoir un artefact numérique d'apprentissage avec l'ensemble des acteurs du système éducatif.

Le manuel scolaire numérique auquel les éditeurs travaillent, dans le meilleur des cas, avec les différents acteurs du monde de l'éducation constitués en sous-groupes afin de réaliser des tâches très spécifiques (Gérard et Roegiers, 2009), constitue un bon exemple de cette façon de concevoir un artefact numérique d'apprentissage en sous-groupes ou en sous-tâches.

Dans le cadre de ce travail, nous avons choisi, comme exemple d'artefact numérique d'apprentissage, de travailler avec le manuel scolaire numérique pour deux raisons : 1) d'un point de vue symbolique, il s'agit d'un artefact d'apprentissage qui par un processus d'instrumentation (Lonchamp, 2012 ; Rabardel, 1995) avait et a encore un impact sur le système

éducatif (Choppin, 1993) et 2) les technologies numériques constituent un défi à l'utilisation, à la forme, à la conception et aux interactions des manuels scolaires numériques. Les premiers manuels scolaires numériques se rapprochent plus d'une numérisation de manuels imprimés, avec relativement peu de fonctionnalités numériques. Par exemple, un manuel scolaire numérique est essentiellement composé d'images, de texte et parfois de quelques fonctionnalités de base, comme le surlignage de texte ou le zoom avant et arrière, mais l'essence du manuel scolaire numérique reste la même que celle de la version papier. Cette reproduction à l'identique peut marquer un manque d'inventivité dans les processus de conception mobilisés et dans la capacité des acteurs à transformer l'expérience d'apprentissage à travers de nouvelles fonctionnalités numériques.

La présente recherche a une double motivation. D'une part, nous cherchons à élaborer et tester une méthode de conception qui améliorerait l'inventivité d'un groupe de travail collectif dans un contexte éducatif. D'autre part, la partie relative au développement industriel incluse à ce présent travail est une contribution pour repenser le processus de conception d'un artefact d'apprentissage à l'ère du numérique. Elle a pour objectif de reconcevoir les fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique en intégrant l'ensemble des acteurs du monde de l'éducation dans le processus de conception. Ce projet industriel a été imaginé avec plusieurs partenaires du monde de l'éducation et des EdTech. Il a été réalisé sous le nom REMASCO, pour REinventer le MANuel SCOLAire à l'ère du numérique.

Notre objectif est d'associer la partie recherche et la partie appliquée au développement industriel de ce travail. Pour ce faire, une méthode de conception a été proposée dans le cadre d'une recherche expérimentale. Six groupes de travail collectif (certains collaboratifs et d'autres coopératifs) constitués de différents acteurs du monde de l'éducation avaient la charge de concevoir les fonctionnalités d'un prototype de manuel scolaire numérique d'histoire, en interagissant uniquement en ligne et pendant trois mois. Toutes les interactions des individus de chaque groupe de conception ont été tracées et analysées. Dans une deuxième phase, les prototypes ont été développés par des entreprises puis soumis à l'avis d'utilisateurs potentiels (enseignants et élèves).

Chapitre 2 : Positionnement de la recherche

Dans cette recherche, nous nous intéressons aux interactions collectives non hiérarchiques. Dans les modèles relationnels des systèmes non hiérarchiques, une entité dans une partie du système changera complètement la configuration de l'ensemble du système (Nejad, 2013). Pour les individus d'un groupe, cela signifie qu'ils ont autant de potentiel d'influence qu'une autre entité.

Pour structurer cette recherche, nous identifions deux types d'interactions dans un groupe d'individus travaillant ensemble afin de concevoir une solution à un problème donné : 1) les interactions coopératives, où les partenaires divisent le travail, résolvent les sous-tâches individuellement ou en sous-groupes, puis rassemblent les résultats partiels en vue d'un résultat final et 2) les interactions collaboratives, où les partenaires font le travail ensemble sans le diviser (Dillenbourg, 1999 ; George et Leroux, 2001 ; Helle *et al.*, 2006).

Dans cette optique, nous avons construit une méthode de conception sur la base de la « *théorie de la physique sociale* » de Pentland (2015) ; cette méthode de conception intègre trois éléments par rapport aux interactions collectives non hiérarchiques : 1) l'« *énergie* », définie par la fréquence de communication entre deux individus au sein du groupe ; 2) l'« *engagement* », défini par la coordination et la distribution de la circulation des idées — la manière dont les acteurs co-élaborent en se nourrissant des idées des autres — au sein du groupe ; et 3) l'« *exploration* », définie comme la façon dont chaque individu apporte son propre contexte au sein du groupe en lui fournissant de nouvelles informations. Ce troisième élément intègre le concept d'« *objet-frontière* » (Star et Griesemer, 1989) parce que chaque individu du groupe voit la solution à concevoir à partir de son propre « *monde* ».

Pour tracer la circulation des idées dans notre méthode de conception, nous utilisons une version adaptée du modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011, p. 114), qui nous aide à comprendre comment une idée générée par un individu au sein d'un groupe « *voyage* » entre l'espace collectif du groupe et l'espace individuel d'un autre individu, nous permettant de mesurer les trois éléments de la méthode de conception.

Une grande partie de la recherche sur les interactions coopératives et collaboratives a été faite en se concentrant sur le milieu qui soutient ce type d'interactions (Holliman et Scanlon,

2006 ; Jones *et al.*, 2000 ; Littleton et Whitelock, 2005 ; McAllister *et al.*, 2004 ; Rimmershaw, 1999), mais sans aborder l'impact de ces interactions sur le travail et leur processus. Peu de recherches ont été faites sur la distinction entre les interactions collaboratives et les interactions coopératives dans un groupe de travail (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Roschelle et Teasley, 1995). Dillenbourg *et al.* (1995, p. 190), sur la base du travail de Roschelle et Teasley (1995), font la même distinction que nous entre coopération et collaboration. Notons toutefois que, dans la recherche écrite, il n'y a pas d'accord sur la distinction des deux termes.

Nous considérons la circulation des idées comme un processus social et une rationalité collective plutôt que comme un processus individuel et une rationalité individuelle (Kahneman, 2011). Ici, la dynamique de l'échange est plus importante que la connaissance et l'expérience des participants individuels.

Pour aligner l'épistémologie et la théorie, nous avons appliqué la méthode de conception au projet REMASCO, qui cherche à repenser la façon de collaborer des différents acteurs du monde de l'éducation pour concevoir les fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique, en créant une topologie d'interactions collectives non hiérarchiques. En termes de méthodologie, c'est une tentative d'étudier de façon quantitative et expérimentale les relations et les interactions coopératives et collaboratives humaines à travers un support numérique qui facilite ces interactions dans un scénario de résolution d'un problème éducatif, qui, dans le cas présent, concerne la conception d'un manuel scolaire numérique.

Chapitre 3 : livrables attendus

Notre recherche propose une méthode de conception sous la forme d'un scénario de résolution de problèmes, où les individus d'un groupe sont chargés de concevoir la solution à un problème donné. Cette méthode décrit le niveau de collaboration par opposition à la coopération d'un groupe d'individus à travers deux éléments qu'elle intègre : l'« *énergie* » (fréquence de communication entre deux individus dans un groupe) et l'« *engagement* » (distribution de l'information au sein d'un groupe). Le niveau de collaboration d'un groupe est défini grâce au produit de ces deux éléments, en obtenant une valeur qui peut aller de 0 à 1 au moment de comparer la dynamique de collaboration de deux ou plusieurs groupes d'interaction. Plus la valeur s'approche de 0, plus la dynamique relève d'une coopération. Plus elle est proche de 1, plus la dynamique s'inscrit dans de la collaboration.

Grâce au modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » (Cerisier, 2011), la méthode de conception décrit également le processus par lequel les idées ou les comportements des individus intégrant un groupe se propagent au sein de celui-ci, permettant de retracer et de comprendre plus facilement la circulation et la propagation d'idées au sein d'un groupe d'individus.

En ce qui concerne la conception d'une solution dans le cadre d'un scénario de résolution de problèmes, notre recherche propose une méthode de résolution de problèmes qui s'appuie sur la conception centrée sur l'utilisateur, ainsi que sur la conception basée sur l'expérience de l'utilisateur (Lallemand *et al.*, 2015 ; Norman, 1984, 2005, 2013) et qui a été adaptée à la génération de solutions d'expériences d'apprentissage dans un système éducatif.

Alors que l'expérimentation apporte des connaissances empiriques autour du processus de collaboration et de son influence sur l'inventivité d'un groupe de travail collectif, la méthode de conception comprend un ensemble d'abstractions visant à rendre ces connaissances accessibles dans de nouvelles situations de conception d'autres types de solutions autour des expériences d'apprentissage. En particulier, cette méthode a pour objectif de soutenir la conception et l'évaluation d'activités collaboratives en groupes de différentes tailles dans différents environnements du système éducatif.

En ce qui concerne l'expérimentation de cette méthode de conception dans le projet REMASCO (Réinventer le manuel scolaire), elle se propose d'ouvrir une nouvelle voie pour la conception d'artefacts numériques d'apprentissage en général et de manuels scolaires numériques en particulier, en créant un environnement collaboratif qui intègre différents acteurs du monde de l'éducation dans le processus de conception de ces artefacts.

Dans le cadre de la méthode proposée, le résultat du processus de conception est un prototype. La définition exacte de prototype varie selon les disciplines, les domaines industriels d'application et les auteurs. Un prototype peut être défini comme le premier exemplaire d'un artefact, une forme primitive laquelle est amenée à évoluer. Les trois variables descriptives d'un prototype sont son niveau de complétude (quelle proportion de l'artefact complet représente-t-il ?), son degré de ressemblance à l'artefact cible (essentiellement visuel et ergonomique) et ses capacités fonctionnelles. Dans le monde de la conception, cette première version d'un artefact peut prendre différentes formes : une maquette au format papier ou numérique, une première version fonctionnelle de l'artefact, la simulation d'une expérience, etc. L'objectif du prototype est de permettre au concepteur de tester une première version de l'artefact auprès de potentiels utilisateurs (Snyder, 2003).

Ainsi, dans le cadre de cette recherche, quand nous parlons de prototype, nous faisons référence à une présentation figée des fonctionnalités d'un manuel scolaire d'histoire, à une maquette. Donc, les termes prototype, prototype des fonctionnalités, maquette et maquette des prototypes font référence aux productions des 6 groupes de conception avec lesquels nous avons travaillé dans le cadre de notre expérimentation.

S'agissant de la partie industrielle du projet, à partir de l'expérimentation de la méthode de conception avec six groupes de conception constitués par différents acteurs du monde de l'éducation, le projet a produit six prototypes du premier chapitre d'un manuel scolaire numérique d'histoire pour le niveau de Seconde. Les fonctionnalités de ces prototypes ont été testées auprès des élèves, des enseignants et d'autres personnes travaillant dans le milieu de la conception et de l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage.

Enfin, la méthode de conception proposée a été également utilisée lors de plusieurs événements de conception organisés par les opérateurs du Ministère de l'Éducation Nationale

et de la Jeunesse et par le Ministère lui-même. Au cours de ces événements nous avons conçu différents artefacts d'apprentissage (des maquettes interactives d'applications web et mobiles pour résoudre différents types de problèmes éducatifs et des « *storyboards* » pour prototyper des expériences d'apprentissage) avec des élèves, des enseignants et des cadres de l'éducation nationale. Aujourd'hui, ces acteurs utilisent plusieurs variations de la méthode dans différents scénarios de conception et de résolution de problèmes. C'est ainsi que la méthode proposée dans ce travail a évolué ces dernières années, intégrant des activités collaboratives et coopératives en fonction de la nature de la tâche.

Chapitre 4 : structure du document

Le problème central abordé dans cette recherche porte sur la manière dont les interactions collaboratives et coopératives influencent le processus d'invention d'un groupe dans le cadre d'un travail collectif pour concevoir la solution à un problème dans le système éducatif. En particulier, nous cherchons à comprendre comment ces interactions impactent le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage dans un système complexe comme le système éducatif. Ainsi, nous avons choisi de concevoir comme artefact numérique d'apprentissage un manuel scolaire numérique d'histoire, qui devait être élaboré en associant dans un travail collectif collaboratif et coopératif différents acteurs du système éducatif, afin qu'ils puissent développer les fonctionnalités de ce prototype de manuel scolaire numérique d'histoire. Dans ce qui suit, nous fournirons un résumé concis de chaque partie suivie d'un aperçu de la façon dont les parties et les chapitres se combinent pour former la totalité de la thèse.

La partie II expose la problématique centrale de cette recherche en trois chapitres ; plus précisément, elle décrit : 1) le contexte de cette recherche qui montre comment le système éducatif a, pendant des décennies, essayé d'améliorer l'éducation avec de nouveaux artefacts technologiques d'apprentissage ; 2) l'encadrement de la problématique générale qui décrit le processus d'inventivité mis en œuvre pour transformer l'expérience d'apprentissage lors de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage ; 3) l'application de la problématique générale à un artefact d'apprentissage numérique spécifiquement choisi pour cette recherche : le manuel scolaire numérique ; et 4) la description de l'hypothèse proposée dans cette recherche concernant les interactions collaboratives et coopératives et en réponse à la problématique décrite dans le chapitre 2 de cette partie.

La partie III est constituée du cadre théorique et de notre positionnement par rapport à la revue de la littérature ; elle est divisée en huit chapitres qui décrivent la base théorique de cette recherche. Les chapitres 2 et 3 exposent les modalités et le produit de l'action collective. Le chapitre 4 approfondit le concept d'« *objet frontière* » et de l'influence des individus travaillant de façon collective pour concevoir la solution à un problème spécifique. Le chapitre 5 présente la « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015). Le sixième chapitre

décrit comment les idées circulent dans un groupe d'individus ; il est basé sur le modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011). Le chapitre 7 passe en revue la littérature relative au processus de conception et particulièrement la conception d'artefacts numériques d'apprentissage. Enfin, le dernier et huitième chapitre synthétise tous les éléments composant le cadre théorique et présente notre positionnement.

La partie IV aborde le cadre méthodologique de cette recherche. Nous clarifions la méthodologie et la manière dont le processus de collecte de données a influencé le but et le cadre de la thèse. Cette partie s'articule autour de trois chapitres qui décrivent : 1) la recherche expérimentale, 2) le focus sur l'analyse et 3) la collecte de données.

La partie V présente la méthode de conception utilisée pendant l'expérimentation de cette recherche. Cette partie explique chaque composante de la méthode proposée en ayant pour objectif de la valider empiriquement, ainsi qu'en fournissant une suite d'outils conceptuels et de recommandations pour promouvoir les interactions collaboratives dans le travail collectif d'un groupe d'individus cherchant à concevoir la solution à un problème spécifique (comme c'est le cas du processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage).

Les résultats de cette recherche sont présentés dans la partie VI et font l'objet de trois analyses (une analyse par chapitre), chaque analyse étant composée de quatre sections qui décrivent 1) les questions de recherche, 2) la méthodologie et les objectifs, 3) les résultats obtenus et 4) la conclusion.

Le premier chapitre de cette partie analyse les résultats obtenus par rapport à la circulation des idées dans un processus d'interactions collaboratives et coopératives à distance à l'aide d'un outil assisté par ordinateur destiné à faciliter ces interactions. Le chapitre 2 associe la circulation des idées au sein d'un groupe de travail collectif collaboratif et coopératif au processus d'invention de ce groupe afin d'examiner l'impact des interactions collaboratives et coopératives sur l'inventivité collective tout en essayant de vérifier la pertinence de notre hypothèse par rapport à la problématique principale de cette recherche. Enfin, le chapitre 3 relie cette circulation des idées et la solution au problème à résoudre (la conception d'un artefact numérique d'apprentissage) considéré comme un « *objet-frontière* » par les membres de chaque groupe de conception.

Nous concluons la thèse par une discussion sur les résultats de la recherche dans son ensemble, dans le contexte de la littérature existante, en reprenant les contributions de la recherche, tout en tenant compte des limites de cette dernière, en discutant les travaux en cours et en suggérant des perspectives pour la recherche future.

Partie II : contexte, problématique et hypothèses

La problématique centrale de cette recherche est exposée dans les 3 chapitres suivants :

Chapitre 1 : le contexte de recherche

Chapitre 2 : définition de la problématique

Chapitre 3 : les hypothèses

Chapitre 1 : le contexte de recherche

Cette recherche a été réalisée en France avec l'appropriation des artefacts numériques telle qu'elle est réalisée au sein du système éducatif français.

1.1 Le système éducatif

1.1.1 Les médias dans le système éducatif

En 1949, Claude Shannon et Warren Weaver publiaient un livre intitulé « *The Mathematical Theory of Communication* ». Dans la première partie du livre, Weaver décrit les aspects conceptuels de l'information et, dans la deuxième partie, Shannon décrit les mathématiques de ce que nous connaissons maintenant comme la théorie de l'information. Ce que Shannon et Weaver (1949) proposaient était de détacher le mot information de sa signification familière, en faisant observer que l'information ne doit pas être confondue avec le sens (Weaver, 1949 ; Hidalgo, 2016).

Les humains et certaines machines ont la capacité d'interpréter les messages et de leur donner un sens. Au contraire, les médias ne transmettent pas du sens. Plus simplement, il s'agit d'une information (Weaver, 1949). Shannon voulait également construire des machines qui permettraient de communiquer des informations indépendamment de la signification du message.

Il est très difficile de séparer le sens et le message véhiculé à travers un média, parce que le sens est dérivé du contexte et de la connaissance antérieure (Hidalgo, 2016). Le sens est l'interprétation qu'un acteur dans un système donne à un message et il est différent du média qui porte le message, et différent du message lui-même. Le sens émerge quand un message atteint une forme de vie à travers l'interprétation de l'acteur ou quand il est traité par une machine capable d'interpréter l'information au sein du système (Hidalgo, 2016). Ainsi, le sens n'est pas transporté dans les taches d'encre d'un livre, les ondes sonores, les faisceaux de lumière ou les impulsions électriques qui transmettent l'information.

Les médias sont les outils de communication collective utilisés pour stocker et diffuser l'information dans un système (Jansen, 2002). Donc, dans un système éducatif, les médias

recouvrent tous les outils de communication, y compris l'imprimé, le graphisme, le son, l'image immobile et l'image animée, sur tout type de technologie, permettant aux acteurs du système d'interagir avec l'information que les médias transportent et entre eux.

Ainsi, c'est à travers les interactions des acteurs du système éducatif, avec et à travers les médias, que le sens est construit. Les concepts de médiation et de médiatisation s'avèrent importants par rapport à l'évolution des médias. La médiation vise à décrire les processus par lesquels la communication et la circulation de l'information passent en mobilisant un intermédiaire (technique par exemple ou humain) (Peraya, 2005). La médiatisation concerne le processus de conception, de production et de mise en œuvre des artefacts médiatisés (Peraya, 2005). La médiatisation est donc entendue au sens de mise en forme propre à un média ; quand on médiatise un contenu, il est exprimé dans le langage d'un média spécifique (Bésile *et al.*, 1999). Dans cette optique, dans un système éducatif, il est important de comprendre le processus de médiatisation qui prend en compte, entre autres, le contexte du système, les pédagogies et les artefacts d'apprentissage (Charlier *et al.*, 2006). La médiation est entendue comme une relation ou une interface entre deux parties (Bésile *et al.*, 1999). Dans un système éducatif, la médiation attribue le rôle de médiateur à l'acteur ou à l'artefact s'interposant entre l'apprenant et le contenu d'apprentissage (Charlier *et al.*, 2006).

De cette façon, dans un système éducatif, deux types de processus sont interposés. D'un côté, la médiatisation se situe au niveau de la conception et de la production des médias du système, et, d'un autre côté, la médiation nous amène à la compréhension des effets des environnements médiatiques sur les comportements cognitifs et relationnels (Peraya, 2008).

Cette recherche traite du processus de conception des ressources numériques au sein d'un système éducatif, en se concentrant sur la conception des fonctionnalités de ces médias et non sur leur contenu.

1.1.2 La complexité du système éducatif actuel

Aujourd'hui, grâce au numérique, il y a de plus en plus d'artefacts d'apprentissage complexifiant le système éducatif (Cuban, 2001, 2008 ; Tricot, 2017). Ce qui complexifie le système éducatif est justement ce processus de médiatisation des artefacts numériques d'apprentissage à travers l'environnement ou le contexte du système. À son origine, dans un

système éducatif, la médiatisation a surtout porté sur les connaissances et les ressources (Peraya, 2008). Aujourd'hui, le développement d'artefacts et d'environnements numériques d'apprentissage a modifié cette approche dans la mesure où ces artefacts et environnements numériques médiatisent l'ensemble du système.

En médiatisant l'ensemble du système éducatif, on aborde la médiation, ou la façon par laquelle la médiatisation des artefacts et des environnements d'apprentissage influence les comportements humains des acteurs du système. Charlier *et al.* (2006) définissent cinq types de médiation : 1) la médiation sémiocognitive qui porte sur la connaissance de l'artefact, 2) la médiation sensorimotrice qui porte sur les comportements gestuels et les moteurs induits par ou en interaction avec l'instrument, 3) la médiation praxéologique qui porte sur les conditions de réalisation de l'action, 4) la médiation relationnelle qui porte sur la relation entre les acteurs, et 5) la médiation réflexive qui porte sur l'acteur lui-même.

Dans un système éducatif, ces médiations sont complètement imbriquées, complexifiant non seulement le système en soi, à travers un processus d'instrumentation des artefacts d'apprentissage du système, mais également le processus de conception de ces artefacts d'apprentissage. C'est dans ce contexte que les nouvelles technologies numériques ajoutent une couche de complexité supplémentaire à l'ensemble du système.

1.1.2.1 Les technologies numériques comme médias dans le système éducatif

À partir des années 60 et 70, la recherche scientifique a suggéré que les individus apprennent plus facilement des informations abstraites et nouvelles lorsqu'elles sont présentées sous forme verbale ou visuelle à travers des médias qui supportent cette forme de transmission de l'information (Salomon, 1979 ; Willingham et Price, 2009). Les technologies numériques ont la capacité non seulement de transporter et de présenter l'information sous différentes formes, mais également de rendre la communication de ces informations plus interactive entre les acteurs d'un système éducatif et entre les artefacts d'apprentissage et ces acteurs (Bransford *et al.*, 1999).

En 1972, Alan Kay publiait un article intitulé « *A Personal Computer for Children of All Ages* » où il proposait d'utiliser l'ordinateur comme un instrument dynamique d'apprentissage et de créativité pour les enfants (Kay, 1972). Ses idées étaient basées sur les théories de

l'apprentissage de psychologues comme Jerome Bruner ou Jean Piaget (Kay et Goldberg, 1977). Il imaginait mettre les ordinateurs à la disposition de tout un chacun à un moment où cela était inimaginable.

Le plus beau produit de l'imagination de Kay a été le Dynabook, l'un des artefacts conceptuels les plus durables de la Silicon Valley. Le Dynabook était un ordinateur de poche, puissant, dynamique et suffisamment maniable pour que les enfants puissent l'utiliser, non seulement pour apprendre, mais pour créer des médias et élaborer leurs propres applications (Kay et Goldberg, 1977).

À l'heure actuelle, la plupart des pays du monde commencent à s'interroger sur l'introduction des technologies numériques à l'école. L'État français, par exemple, a commandé, il y a quelques années déjà, des rapports en vue de mieux comprendre l'usage des technologies numériques dans les écoles en général (Becchetti-Bizot, 2017 ; Delaubier *et al.*, 2015).

Dans un monde où 2 milliards d'individus possèdent des smartphones et autres technologies numériques, le Dynabook imaginé par Kay en 1972 n'a pas encore été produit. En réalité, les technologies numériques dans le système éducatif se sont avérées être des appareils de consommation abrutissants — des téléviseurs sophistiqués — plutôt que les outils pour l'esprit imaginés par Kay (Kay et Sikka, 2016).

Il y a presque 30 ans, Neil Postman (1992) pensait que le problème de l'enseignement avec les technologies numériques était lié à l'apprentissage de la compréhension de ce que sont ces technologies numériques, les utilisant dans l'enseignement comme un ordinateur et non comme un média (Postman, 1992). D'où l'importance de bien comprendre non seulement le rôle des nouveaux artefacts numériques d'apprentissage comme médias dans un système éducatif, mais aussi le processus de conception de ces artefacts.

1.2 Les artefacts d'apprentissage dans le système éducatif

Au fil du temps, des générations d'anthropologues ont étudié des milliers de sociétés traditionnelles, constatant qu'elles sont toutes très différentes dans les détails, mais affirmant qu'elles sont toutes très similaires. Il est très difficile de trouver une société qui n'a pas de langue ou qui n'a pas d'histoire. Ces caractéristiques sociétales sont désignées comme des universaux

humains (Brown, 1991). Dans n'importe quelle culture, il est donc presque sûr de trouver les mêmes variables, avec une valeur individuelle pour chacune de ces variables (Brown, 1991).

Dans cet esprit, il y a des non-universaux, qui sont des inventions particulièrement intéressantes, tels que l'écriture. Ces inventions sont presque toujours plus difficiles à apprendre, car nous y sommes moins prédisposés génétiquement. À l'origine, nous avons inventé les écoles pour enseigner l'écriture, en inventant à la fois des alphabets pour normaliser les sons de la parole (Kay et Sikka, 2016).

Au 19^{ème} siècle, le téléphone a été inventé et socialisé, constituant une innovation à une époque où nous disposions déjà de télégrammes. Le téléphone étant une amplification d'un universel humain — la communication orale —, son utilisation a fait l'objet d'un apprentissage minimal. Autrement dit, le téléphone possédait, dès le départ, le potentiel pour être adopté et socialisé, faisant de lui une innovation, contrairement au télégramme.

Quand nous considérons plusieurs inventions du 20^{ème} siècle qui ont impacté le système éducatif, nous constatons qu'elles ont levé la nécessité de lire et d'écrire (Gertner, 2013). Par conséquent, introduire un système d'écriture dans une société orale ne va pas la transformer ; pour cela, elle a besoin de quelque chose de plus, parce que ce qui est important dans l'écriture et dans la manière dont elle contribue à changer la façon de penser d'une société, ce sont les aspects liés à l'alphabétisation, la structure et la pensée (Kay et Sikka, 2016).

L'invention de l'imprimerie nous a permis de créer un environnement médiatique auquel nous nous sommes acclimatés, nous permettant d'avoir un autre niveau de pensée. C'est pour cette raison que McLuhan (1964) proposait d'axer la recherche sur les médias eux-mêmes pour mieux comprendre ces médias et, dans notre cas, de mieux comprendre le rôle des artefacts d'apprentissage dans le système éducatif.

1.2.1 Les artefacts numériques et non numériques d'apprentissage

Depuis les premières années du 20^{ème} siècle, le système éducatif occidental a introduit différents artefacts pour soutenir l'apprentissage dans les divers environnements du système éducatif. Qu'il s'agisse de manuels scolaires, de films, d'émissions de radio, de télévision ou du

micro-ordinateur, chaque nouvel artefact d'apprentissage porte en lui l'intention de ses concepteurs de transformer le processus d'enseignement-apprentissage (Cuban, 1986).

Pour mieux comprendre le rôle d'un artefact d'apprentissage dans un système éducatif, Wiley (2001) compare un Lego et un atome. Dans le premier cas, toute brique Lego peut être combinée à n'importe quelle autre brique Lego. De la même façon, les briques Lego peuvent être assemblées de différentes manières, les Lego étant si simples que n'importe qui peut les assembler. Dans le deuxième cas, en tant que Lego, un atome est un petit composant qui peut être combiné et recombinaison à d'autres atomes pour former un ensemble plus grand, mais il se distingue d'un Lego dans la mesure où tous les atomes ne peuvent pas être combinés les uns aux autres ; ils ne peuvent être assemblés que dans certaines structures prescrites, et leur assemblage nécessite une certaine compréhension (Wiley, 2001).

Les implications de cette analogie dans la compréhension de la place des artefacts d'apprentissage au sein d'un système éducatif sont très importantes. Les acteurs d'un système éducatif sont rarement en contact direct avec l'environnement du système, c'est par le biais d'un processus de médiatisation et de médiation instrumentale des artefacts d'apprentissage (Peraya, 2008 ; Rabardel, 1995) que ces acteurs entrent en contact avec l'environnement du système.

L'introduction des technologies numériques remet en question les utilisations, la forme, la conception et les interactions des artefacts d'apprentissage numériques (Vérillon, 2005), parce qu'elles n'augmentent pas le nombre des universaux humains (Brown, 1991). Comme nous l'avons vu précédemment, c'est l'invention de l'imprimerie qui a réussi à créer un environnement médiatique auquel nous nous sommes acclimatés naturellement (Kay et Sikka, 2016).

Il existe des technologies numériques qui ont contribué à amplifier un universel humain (Brown, 1991), comme la communication orale. L'action de « *chatter* » ou de « *twitter* » par exemple est fondamentalement une translittération de la communication orale (Greenfield, 1972). L'invention de l'imprimerie a permis à la société d'accéder à un autre niveau de pensée, les technologies numériques nous conduisent vers un endroit où un nouveau niveau de pensée s'avère nécessaire, au-delà du niveau qu'il a fallu pour les créer.

Ce nouveau niveau de pensée nous amène à reconsidérer le regard que nous portons sur les systèmes éducatifs et leurs artefacts numériques d'apprentissage médiatisés (Albero, 2010), en nous interrogeant sur la conception de ces artefacts.

1.2.2 La conception d'artefacts d'apprentissage

Traditionnellement, le concept d'industrialisation porte principalement sur le fait d'impliquer la réorganisation extensive d'une économie à des fins de fabrication d'artefacts en masse (Hewitt *et al.*, 1992). Dans ce processus de fabrication d'un artefact, Pierre Mœglin (2005) établit une distinction particulièrement intéressante en comparant la fabrication de la plume d'oie et du stylo-plume. Dans le premier cas, il s'agit d'une fabrication artisanale, car elle est produite localement et manuellement. Elle est taillée par celui qui en a besoin, sans requérir aucune compétence particulière ; dans le deuxième cas, le stylo-plume a besoin d'un système de régulation du flux de l'encre qui exige des savoir-faire complexes et une industrialisation relativement poussée (Mœglin, 2005). De la même manière, dans le contexte éducatif, Auziol (1994) propose l'approche intentionnelle des médias éducatifs.

Pour Mœglin (1998), le processus d'industrialisation est complexe : depuis la révolution industrielle du 19^{ème} siècle, on parle de modèles et de représentations hétérogènes d'industrialisation. Il nous invite également à faire la distinction entre industrialisation et médiatisation (Mœglin, 1998). Dans le cadre de cette recherche, cette différenciation concerne la conception ou la fabrication d'artefacts numériques d'apprentissage et leur médiatisation dans un système éducatif.

L'autre variable à prendre en considération dans le processus d'industrialisation d'un artefact d'apprentissage est le « *marché* » (Mœglin, 1998), car il renvoie à une forme de concurrence dans la production de ces artefacts, avec parfois une complexité spécifique provenant de certains artefacts d'apprentissage lorsque l'offre implique l'État et, par conséquent, un marché protégé, comme dans le cas des manuels scolaires en France.

Cette recherche est axée sur la partie conception ou production d'un artefact numérique d'apprentissage dans le contexte d'un système éducatif, car ce processus de marchandisation est différent de l'industrialisation en ayant la possibilité d'exister sans les processus industriels de production (Mœglin, 1998). C'est pour cette raison que, dans le cadre de cette recherche, il

importe de faire la différence entre le processus d'invention, davantage lié à la conception et à la production, et le processus d'innovation, davantage lié à la marchandisation.

La médiatisation des artefacts d'apprentissage, au moment de leur conception, peut impliquer l'utilisation de différentes fonctions génériques (Peraya, 2008 ; Peraya et Deschryver, 2003 ; Peraya *et al.*, 1999), telles que 1) l'information des ressources pédagogiques, 2) l'interaction sociale, 3) la transformation des ressources pédagogiques en connaissances via un processus d'instrumentation, 4) la gestion et la planification des acteurs ou des ressources pédagogiques, 5) le soutien et l'accompagnement dans le processus d'apprentissage, et 6) l'auto et l'hétéro-évaluation.

Dans ce contexte, les groupes de conception d'artefacts d'apprentissage doivent, en général, choisir les médias les plus adaptés aux objectifs d'apprentissage. Ces choix correspondent à des choix de médiatisation et de médiation dans un système éducatif. Pour cette raison, les groupes de conception doivent avoir une bonne compréhension de l'impact de ces médias sur les acteurs du système et sur les effets de la médiatisation de ces artefacts sur les comportements humains à travers un processus de médiation au sein du système éducatif.

L'introduction de technologies numériques prenant la forme d'artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif a changé et, dans certains cas, a complexifié les processus de médiatisation et de médiation sans attendre l'objectif de transformation de l'expérience d'apprentissage avec l'introduction de ces technologies numériques (Cuban, 1986, 2008). Pour cette raison, et en l'absence de littérature scientifique dans ce domaine, nous estimons qu'il est important d'explorer la dynamique du processus de conception des artefacts numériques d'apprentissage dans un système éducatif.

1.2.2.1 La dynamique du processus de conception et de fabrication d'artefacts numériques d'apprentissage

Si nous revenons à l'origine du concept d'industrialisation et à la fabrication en masse d'artefacts, nous pouvons reconnaître l'héritage de la révolution industrielle qui a occasionné la transition vers de nouveaux processus de fabrication à partir du 17^{ème} siècle jusqu'au début du 18^{ème} siècle (Durkheim, 2014). Cet héritage a donné forme à deux types d'organisation du travail pour la fabrication en masse d'artefacts : 1) la répartition du travail, consistant en la séparation

des tâches dans un système de travail constitué par des individus, des organisations ou même des nations, ce type d'organisation étant lié à la spécialisation du travail, qui par exemple, a donné lieu au fordisme (nommé d'après le modèle d'organisation et de développement instauré par Henry Ford), basé sur la division du travail de conception et de réalisation pour gagner en productivité, et 2) la division du travail, se référant à la division d'une grande tâche ou d'un projet dans le cadre de tâches plus petites ou sous-tâches (Durkheim, 2014).

Si nous reprenons le concept de coopération, dans lequel les individus d'un groupe divisent le travail, résolvent les sous-tâches individuellement ou en sous-groupes, puis rassemblent les résultats partiels pour obtenir le résultat final (Dillenbourg *et al.*, 1995), nous pouvons remarquer que la forme d'organisation pour l'industrialisation d'un artefact, qui, d'un côté, consiste à répartir le travail et, d'un autre côté, à le diviser, est une forme de fabrication d'un artefact totalement coopérative.

Ces dernières années, plusieurs transformations ont contribué à complexifier le monde du travail. Les avancées technologiques, la mondialisation, les anciens et les nouveaux médias sont quelques-uns des facteurs qui ont accéléré le processus de transformation en cours affectant le monde du travail et la société dans son ensemble (James, 2009). Les progrès enregistrés par les nouvelles technologies numériques ont sans aucun doute focalisé le plus d'attention. L'histoire témoigne de l'importance de la technologie dans les systèmes de fabrication d'artefacts, dans les façons de travailler et, par conséquent, dans le fonctionnement de l'économie, ainsi que dans la structure de la société. L'industrialisation et la manière de travailler décrite ci-dessus sont un exemple du potentiel de transformation de la technologie (Durkheim, 2014). Mais, comment les technologies numériques affectent-elles aujourd'hui le monde du travail ?

Nous héritons actuellement de cette forme d'organisation du travail coopératif, en l'utilisant dans la conception, ainsi que dans la fabrication de la grande majorité des artefacts produits aujourd'hui (Herrmann, 2006). Cette forme d'organisation du travail s'est révélée très efficiente au moment où il s'est agi d'accomplir des tâches répétitives en vue de la fabrication d'un artefact (Durkheim, 2014 ; Merton, 1934), mais elle pénalise l'égalité de participation entre les partenaires dans le processus de conception ou de fabrication d'un artefact (Engel *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland, 2015).

Le processus de conception des artefacts numériques d'apprentissage ne fait pas exception à cette forme d'organisation du travail coopératif. Depuis 1920, la conception et la fabrication d'artefacts numériques d'apprentissage suivent un processus de conception et de fabrication très similaire (Cuban, 1986). Les artefacts numériques d'apprentissage sont conçus et fabriqués soit en coopération pour produire les différents éléments de l'artefact, en les rassemblant à la fin pour obtenir le résultat final, soit en coopération entre différentes organisations suivant le même principe de coopération (Boyle, 2002 ; Conole, 2013 ; Conole *et al.*, 2007).

Pour illustrer le processus décrit ci-dessus, prenons comme exemple un artefact numérique d'apprentissage X. Dans le meilleur des cas, au moment de concevoir et de fabriquer cet artefact, une équipe de conception graphique traitera la partie graphique, une équipe de conception d'expériences traitera la partie expérience utilisateur, une équipe de développement fabriquera l'artefact et une autre équipe testera l'artefact auprès des utilisateurs, qui, dans la plupart des cas, seront des élèves, des enseignants ou des parents. Chaque acteur (les utilisateurs inclus) du processus de conception et de fabrication de l'artefact est présent dans une sous-partie du résultat final. Le rassemblement de toutes les sous-parties générera l'artefact numérique d'apprentissage en vue de sa socialisation dans un système éducatif.

1.3 Le système éducatif français et les artefacts numériques d'apprentissage

Si nous reprenons les universaux humains, tout ce qui a été décrit ci-dessus concernant le système éducatif, la conception et la fabrication d'artefacts numériques et non numériques d'apprentissage s'applique comme un universel humain au système français. Cependant, comme dans tout universel humain, il existe des caractéristiques spécifiques à chaque contexte. Ainsi, le système français est justement le contexte dans lequel s'encadre cette recherche.

En 1791, Condorcet a posé, avec son ouvrage « *Cinq mémoires sur l'instruction publique* », les fondements de l'école républicaine moderne. Il a inauguré des idées toujours en vigueur aujourd'hui, telles que le principe d'instruction publique, l'inégalité d'instruction comme l'une des principales sources de la tyrannie, l'instruction publique comme un instrument

à la disposition des nations pour se préparer aux changements à venir ou l'inscription de fait de l'instruction dans la constitution de chaque nation (De Condorcet, 1791).

Certains manuscrits de Condorcet (Rieucou, 2014) témoignent de l'importance que celui-ci accordait aux artefacts d'apprentissage. Ainsi, comme nous l'avions observé précédemment, l'école apparaît comme une invention destinée à l'apprentissage de la lecture et de l'écriture (Kay et Sikka, 2016).

En 1792, lorsque Condorcet conçoit le financement du monde de l'édition par la Nation et qu'en 1833 le ministère Guizot passe des commandes massives à des éditeurs tels que Hachette, la France voit l'apparition des premiers manuels scolaires (Lelièvre, 1993) qui deviennent un artefact d'apprentissage incontournable dans le système éducatif français (Bruillard, 2005 ; Lelièvre, 1993 ; Moeglin, 2010). C'est grâce à Jules Ferry et au moyen du décret de 1890 que sont imposés le matériel d'enseignement, les livres et les registres scolaires dans les écoles publiques. Ainsi, le manuel scolaire est devenu l'artefact d'apprentissage le plus important du système éducatif français (Carnot *et al.*, 2007).

En ce qui concerne les médias dans le système éducatif français au début des années 1920 à Paris, le mouvement des clubs de cinéma voyait le jour, faisant de la France le leader et le pionnier de l'éducation aux médias en Europe. En 1922, lors d'un congrès sur l'éducation, la France proposait déjà de préparer les éducateurs de cinéma dans les universités (Martineau, 1988). En 1936, la Ligue Française de l'Éducation initiait la création du mouvement « *Ciné-Jeunes* », dans le cadre duquel les enfants participaient déjà à des discussions de films, développant leur esprit critique et artistique, ainsi que leurs compétences créatives (Chevallier, 1980).

Aujourd'hui, en France comme dans la plupart des pays du monde, le développement des nouvelles technologies numériques aidant, l'État essaye de mieux comprendre le fonctionnement desdites technologies numériques dans le système éducatif (Becchetti-Bizot, 2017 ; Delaubier *et al.*, 2015). Dans ce contexte, l'État a entamé une collaboration plus étroite avec les entreprises d'un nouveau secteur appelé « *EdTech* », qui s'efforce de concevoir et de fabriquer différents types d'artefacts d'apprentissage en utilisant les nouvelles technologies numériques.

Le manuel scolaire en tant qu'artefact d'apprentissage historique du système éducatif français, devient de plus en plus la cible de questions et de critiques sur son rôle et sa pertinence à l'ère du numérique. C'est pour cette raison que le manuel scolaire numérique est l'artefact d'apprentissage qui a été choisi dans le cadre d'un projet industriel de conception et que nous avons utilisé comme expérimentation scientifique dans le cadre de cette recherche.

1.3.1 Le manuel scolaire comme artefact d'apprentissage

En 1470 s'installe à Paris le premier atelier typographique en France. Cette même année voit la publication d'un « *modèle de style latin* » appelé « *Les Lettres de Gasparin de Pergame* », considéré par le monde de l'édition comme le premier manuel scolaire publié ; il est cependant contesté par Alain Choppin (Lelièvre, 1993), qui fait observer que les premiers ouvrages à pouvoir être appelés manuels scolaires sont ceux qui comportent des indications pédagogiques, les faisant remonter à l'apparition du premier manuel scolaire, à savoir en 1833, comme nous l'avons remarqué ci-dessus, avec les commandes massives passées auprès d'éditeurs tels que Hachette.

C'est dans ce contexte qu'à partir de 1867, le manuel scolaire comme artefact d'apprentissage devient un auxiliaire de la leçon orale du maître (Cesari-Ogier, 2005) qui, jusqu'à nos jours, en a fait un artefact indispensable de la mise en œuvre des programmes scolaires (Leroy, 2012).

En 1980, Alain Choppin notait que l'opinion publique ne parvenait pas à comprendre la complexité d'un artefact d'apprentissage, qui représente bien plus que sa mise en forme en tant que livre plus ou moins agréablement présenté, omettant ses multiples facettes qui le lient non seulement à la pédagogie et à l'édition, mais également aux sciences politiques et économiques, à la sociologie ou même à l'Église (Choppin, 1980).

Comme nous l'avons dit auparavant, le manuel scolaire actuel est un artefact d'apprentissage pensé à l'époque de Jules Ferry (Leroy, 2012), fortement lié à l'école républicaine. Pour mieux comprendre sa genèse, il faut ajouter que cet artefact est composé de textes manuscrits, de documents audio-visuels et de textes et documents imprimés dont la fonction est de fixer le contenu de l'enseignement (Choppin, 1980).

Au fil du temps, les évolutions technologiques ont en général eu une répercussion sur les produits de l'édition scolaire (Choppin, 1980) sans pourtant modifier la fonction essentielle du manuel scolaire, qui est d'assurer au contenu éducatif une certaine permanence (Choppin, 1980), laquelle reste inchangée à ce jour (Bruillard, 2005 ; Leroy, 2012 ; Séré et Bassy, 2010).

Choppin (1980) fait une réflexion particulièrement intéressante, dans le cadre de cette recherche, à propos du concept de manuel scolaire. Il remarque que le caractère scolaire de cet artefact ne réside pas dans sa conception, mais dans l'emploi qui en est fait (Choppin, 1980). D'un côté, le manuel scolaire est déterminé par l'intention de l'auteur et/ou de l'éditeur, qui constituent pour nous la conception de l'artefact ; de l'autre, il est déterminé par son usage permanent et généralisé au sein du système éducatif (Choppin, 1980).

Cette différenciation peut être appliquée à n'importe quel artefact d'apprentissage et, dans le cadre de cette recherche, elle donne lieu à deux analyses : 1) d'un côté, la dynamique qui repose sur la conception d'un artefact d'apprentissage qui, comme nous l'avons remarqué ci-dessus, est totalement coopérative. Choppin (1980) montre bien ce niveau de coopération lorsqu'il distingue la partie auteur et la partie éditeur. C'est grâce à ces deux parties que nous obtiendrons l'artefact final, en l'espèce un manuel scolaire et 2) l'impact de cette dynamique de conception (dans ce cas coopérative) sur l'inventivité de l'artefact produit et de son potentiel d'utilisation et de socialisation, ce que nous appelons innovation.

Comme nous l'avons dit, les technologies numériques posent un défi aux usages, à la forme, à la conception et aux interactions des artefacts d'apprentissage, le manuel scolaire ne faisant pas exception (Bruillard, 2005 ; Leroy, 2012). Pour cette raison, le manuel scolaire numérique, en tant qu'artefact d'apprentissage, a fait l'objet, ces dernières années, de plusieurs questionnements concernant sa réelle utilité dans le monde contemporain de l'information et de la communication, son financement et sa place en général dans le système éducatif (Bruillard, 2005 ; Leroy, 2012).

1.3.2 Le manuel scolaire numérique

En reprenant les trois périodes du manuel scolaire proposées par Choppin (Lelièvre, 1993), nous pouvons identifier une fonction différente à chaque période : 1) une fonction « *idéologique* », de 1793 à 1875, avec le processus d'uniformisation du système éducatif, 2) une

fonction « *instrumentale* », de 1875 à 1970, avec la stabilisation de la production et le choix d'utilisation et 3) une fonction « *documentaire* », de 1970 à nos jours, avec l'insertion de documents, d'illustrations et de l'audio-visuel (Lelièvre, 1993).

Les attentes pédagogiques des différents acteurs du système éducatif sont, par rapport au manuel scolaire, très différentes, mais elles ont une fonction normative et rassurante pour tous en général (Leroy, 2012). En ce qui concerne l'institution scolaire, c'est surtout la gestion de l'artefact qui est prise en considération par les différents acteurs, moins sa fonction et son utilisation. Les rapports de ces dernières années font état d'observations critiques sur la qualité des manuels ou leur adaptation aux besoins pédagogiques réels (Borne, 1998 ; Leroy, 2012). En ce qui concerne les élèves, les éditeurs affirment qu'au cours des dernières années, le manuel a évolué, passant d'un artefact conçu pour l'enseignant à un artefact s'adaptant au besoin des élèves, mais les rapports résultant de l'interrogation des élèves, des enseignants et des inspecteurs constatent que les élèves semblent être parfaitement absents d'un artefact dont ils sont les bénéficiaires. Par conséquent, les analyses sur lesquelles s'appuie la conception des artefacts d'apprentissage numériques et non numériques risquent de reposer sur des stéréotypes (Leroy, 2012). En ce qui concerne les enseignants, constatation est faite que le manuel scolaire, outre le fait d'être un artefact de référence, est, avec l'irruption des technologies numériques, de plus en plus une ressource parmi quantité d'autres. Les parents ayant fait ce constat sont parfaitement conscients de l'entrée des nouvelles technologies numériques et de la transformation des comportements sociaux de leurs enfants. Ils s'interrogent surtout sur l'aspect pratique de la numérisation des manuels scolaires et du potentiel de transformation par rapport à l'apprentissage du numérique en général. Enfin, les collectivités territoriales s'interrogent surtout sur le financement du manuel scolaire et notamment sur les évolutions envisageables grâce au numérique (Leroy, 2012).

Au-delà de la variété des fonctionnalités des nouveaux manuels scolaires numériques, l'attente centrale de tous les acteurs du système éducatif, ainsi que des chercheurs et d'autres acteurs porte sur la transformation ou l'amélioration des performances et de l'expérience d'apprentissage des élèves. Dans ce contexte, avec l'essor des nouvelles technologies numériques, nous avons constaté une évolution non seulement des besoins des acteurs du

système éducatif, mais aussi du mode de production des manuels scolaires et des artefacts d'apprentissage en général (Leroy, 2012).

Aujourd'hui, les éditeurs de manuels scolaires en produisent une version papier et une version numérique et sont parfaitement conscients des avantages qu'apporte le numérique à ces artefacts d'apprentissage, en se gardant cependant de toute précipitation dans le développement numérique (Leroy, 2012 ; Séré et Bassy, 2010).

Les technologies numériques ont commencé à ouvrir leurs portes à de nouveaux acteurs dans ce nouveau marché appelé « *EdTech* » (contraction des mots éducation et technologie) faisant référence aux organisations qui conçoivent de nouvelles technologies numériques pour le système éducatif. Pourtant, comme nous avons pu le constater ci-dessus, ce marché contribue difficilement à transformer l'expérience d'apprentissage (Cuban, 2008). En ce qui concerne le manuel scolaire, cet enthousiasme du nouveau marché « *EdTech* » n'est pas partagé par les éditeurs traditionnels dont les attentes sont très différentes (Leroy, 2012).

À l'heure actuelle, les manuels scolaires numériques proposés sont essentiellement des versions numérisées des manuels imprimés (Bruillard, 2005 ; Leroy, 2012 ; Séré et Bassy, 2010) disposant de fonctionnalités de « *zoom* », de surlignage ou de prise de notes. Quelques manuels scolaires numériques intègrent également le son, la vidéo ou des éléments interactifs, tandis que d'autres permettent à l'enseignant de gérer sa classe, mais le manuel scolaire numérique d'aujourd'hui a en général le même problème que la plupart des artefacts d'apprentissage numériques que nous avons illustré dans certaines parties de ce chapitre : ils ne parviennent pas à transformer l'expérience d'apprentissage en utilisant les nouvelles technologies numériques (Cuban, 1986, 2008).

Aujourd'hui, il existe une opposition entre ceux qui pensent que le manuel scolaire numérique n'a pas d'intérêt face à la multitude de ressources numériques élémentaires qui existent et qui permettent aux enseignants de faire leurs choix et ceux qui estiment que le manuel reste utile, notamment parce que sa structure permet aux enseignants comme aux élèves de resituer chaque élément dans un ensemble cohérent et dans une progression.

Le manuel scolaire numérique est l'artefact numérique d'apprentissage idéal à utiliser dans le cadre de cette recherche, car il illustre d'une part les défis que représente la

transformation de l'expérience d'apprentissage (Cuban, 1986), d'autre part les défis économiques et sociaux auxquels font face la plupart des acteurs essayant de concevoir et de développer des artefacts numériques d'apprentissage.

1.3.3 La conception de manuels scolaires numériques

La conception d'un manuel scolaire numérique entre dans le cadre général de conception d'autres artefacts numériques d'apprentissage décrit ci-dessus. Si nous observons spécifiquement la conception d'un manuel papier, tout commence par l'élaboration du programme par le Ministère de l'Éducation Nationale. Ensuite, l'éditeur commence à constituer un groupe d'auteurs avec, entre autres, des enseignants et des inspecteurs académiques ; ce groupe est chargé d'organiser et de rédiger le contenu avant de le passer au graphiste, qui organisera la maquette de l'artefact. Enfin, l'artefact final est envoyé gratuitement aux enseignants (Gérard et Roegiers, 2009 ; Radtka, 2013).

En ce qui concerne sa version numérique, la conception suit le même processus en ajoutant, bien évidemment, la partie numérique. Les éditeurs, dans la plupart des cas, travaillent avec un sous-traitant qui développe la version numérique en coopérant avec les autres groupes d'acteurs décrits ci-dessus. Avec l'introduction du numérique, les contenus et la forme des manuels scolaires ont déjà commencé à évoluer en se complexifiant (Leroy, 2012), par exemple en intégrant davantage d'illustrations qu'auparavant (50 % de leur contenu), mais ils demeurent un artefact numérique d'apprentissage qui travaille de plus en plus en complément des autres artefacts numériques d'apprentissage sans transformer profondément la pédagogie ou l'expérience d'apprentissage (Cuban, 1986, 2008). Il y a plus de 10 ans, Pierre Mœglin faisait une observation très juste de l'actualité du manuel scolaire en affirmant que « *leur nombre s'accroît donc et leur histoire procède par accumulation et sédimentation, non par sélection et élimination* » (Moeglin, 2005).

1.3.4 Le projet REMASCO pour réinventer le manuel scolaire à l'ère du numérique

À partir des observations relatives au manque d'inventivité des artefacts d'apprentissage numériques (Cuban, 1986, 2008) et de leur méthodologie de conception, en partenariat avec le

Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse, la Région Nouvelle-Aquitaine, la Direction Numérique pour l'Éducation à travers la convention ADN, le plan « *État-Région* », le groupement scientifique GIS INEFA, le « *CPER Numéric* » et le laboratoire TECHNÉ de l'Université de Poitiers ont conçu le projet REMASCO, qui cherche une nouvelle façon de concevoir ces artefacts en intégrant les différents acteurs du système éducatif dans une nouvelle dynamique de conception collaborative de travail.

L'artefact numérique d'apprentissage était un manuel scolaire numérique choisi en raison de son importance historique dans le système éducatif français (Choppin, 1980, 2008) et parce qu'il illustre, comme nous l'avons observé précédemment, la façon de concevoir de manière coopérative un artefact d'apprentissage numérique. Plus spécifiquement, le projet REMASCO, en même temps qu'il essaye d'apporter des réponses à la problématique de cette recherche, cherche à développer industriellement les fonctionnalités des 6 prototypes d'un manuel scolaire numérique d'histoire issues du cadre expérimental de cette recherche. C'est justement dans le cadre du projet industriel REMASCO que s'est élaborée l'étude scientifique présentée ici.

1.4 Synthèse

Comme Pierre Mœglin nous le rappelle, les médias éducatifs ne sont pas le produit des technologies numériques (Mœglin, 2010). Ils sont apparus au début du 19^{ème} siècle et ils ont toujours été associés au développement de la main-d'œuvre et à la massification de la production (Cuban, 1986 ; Mœglin, 2010). Parallèlement au développement des nouvelles technologies, les artefacts d'apprentissage ont commencé à se multiplier en fonction de différents impératifs industriels (Mœglin, 2010), tentant lors de chaque évolution technologique de transformer l'expérience d'apprentissage dans le système éducatif (Cuban, 1986).

Comme nous l'avons vu, la conception et la fabrication de ces artefacts numériques et non numériques d'apprentissage sont un héritage de l'ère industrielle et de la division du processus de conception et de fabrication de l'artefact en sous-tâches ou en sous-groupes, suivi du rassemblement des différentes parties de l'artefact en vue d'obtenir un résultat final (Durkheim, 2014 ; Gérard et Roegiers, 2009 ; Merton, 1934). Nous avons appelé cette façon de

travailler : travail coopératif, par opposition au travail collaboratif sans division du travail en sous-tâches ou en sous-groupes.

Le manuel scolaire illustre donc cette façon de concevoir et de fabriquer un artefact d'apprentissage ; il montre également que l'introduction des technologies numériques rend encore plus complexe le processus de conception et accentue encore le travail coopératif. C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de cette recherche, nous avons créé le projet REMASCO (pour Réinventer le manuel scolaire à l'ère du numérique), en ayant pour objectif de concevoir avec l'ensemble des acteurs du système éducatif les fonctionnalités de 6 prototypes d'un manuel scolaire numérique d'histoire. Ce projet nous a servi de terrain d'expérimentation pour tester nos hypothèses et tenter de répondre à la problématique décrite dans le chapitre suivant.

Chapitre 2 : définition de la problématique

2.1 Introduction

Après l'invention de Gutenberg, l'imprimerie a surtout servi à imiter la calligraphie des bibles écrites. Il a fallu près de 100 ans d'améliorations techniques et conceptuelles pour inventer le livre moderne (Colin, 1976). Mais pendant la période où la société a disposé de cette nouvelle technologie d'impression, elle ne l'a utilisée que pour imiter les anciens médias.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, quelque chose de similaire a eu lieu dans le système éducatif. En 1922, l'inventeur Thomas Edison proclamait que le film était destiné à révolutionner notre système éducatif et que, dans quelques années, il supplanterait largement, sinon entièrement, le recours aux manuels scolaires (Cuban, 1986, p. 9). Cuban (1986), procédant à une révision scientifique approfondie du système éducatif et constatant un cycle implacable qui remonte aux années 1920, décrit succinctement l'histoire de chaque introduction technologique sous forme de média dans le système éducatif : entre autres, le cinéma, la radio, la télévision et l'ordinateur. Il compare l'utilisation de chacune de ces technologies dans les classes élémentaires et dans les classes secondaires et montre comment, tout au long de l'histoire, les chefs des établissements scolaires ont acquis ces artefacts technologiques pour en faire des artefacts d'apprentissage (Cuban, 1986).

Au cours du siècle dernier, chaque avancée technologique a reçu un important soutien des différents acteurs pour intégrer cette évolution dans le système éducatif (Cuban, 1986), mais, à chaque fois, ces artefacts ont échoué à transformer l'apprentissage ou à faciliter l'enseignement (Conole et Dyke, 2004 ; Cuban, 1986, 2001, 2008 ; Gibson, 1979 ; Reich et Ito, 2017 ; Tricot, 2017), dans la mesure où se répétait dans le système éducatif l'exemple énoncé ci-dessus à propos de l'imprimerie.

Certains chercheurs ont fait valoir qu'il existe une discordance entre le potentiel supposé des nouvelles technologies et leur utilisation concrète dans le système éducatif, suggérant que les utilisateurs sont submergés par la quantité d'options d'artefacts d'apprentissage (surtout avec l'incursion du numérique) et peuvent donc manquer des compétences nécessaires pour faire des

choix éclairés sur la façon d'utiliser ces artefacts d'apprentissage (Conole *et al.*, 2007 ; Cuban, 1986).

Pour nous, une partie du problème réside dans la façon dont ces artefacts d'apprentissage, aujourd'hui numériques, sont conçus puis fabriqués. Il y a plus de 100 ans, Montessori (1912, 1913) s'est rendu compte que les individus apprennent à partir de la culture qui les entoure. Si nous voulons concevoir de nouveaux artefacts d'apprentissage numériques, il nous faut commencer à penser à un processus de conception d'artefacts d'apprentissage numériques pour un système éducatif complexe du 21^{ème} siècle, plutôt que d'élaborer une version numérique du système éducatif du 19^{ème} siècle.

2.2 Le problème

Pour nous, ce manque d'inventivité pour transformer positivement l'apprentissage grâce à l'introduction d'un artefact numérique d'apprentissage trouve son origine dans la façon dont les acteurs du système éducatif interagissent et se coordonnent au cours du processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage.

Comme nous avons pu le constater, nous sommes en mesure d'identifier deux façons d'organiser les interactions entre les acteurs d'un système : 1) une organisation d'interactions coopératives et 2) une organisation d'interactions collaboratives. Le chapitre précédent nous montrait qu'en ce qui concerne le système éducatif, la façon d'organiser le système en général est coopérative, divisée en sous-groupes, chaque groupe représentant une partie des acteurs du système. Aujourd'hui, à l'heure où il nous faut imaginer, concevoir et fabriquer les artefacts numériques d'apprentissage qui intégreront le système éducatif, nous réutilisons le modèle d'organisation et d'interactions coopératives, où chaque sous-groupe d'acteurs participe à une partie spécifique du processus de conception.

Depuis longtemps, de nombreux chercheurs ont contribué à une articulation des théories des sciences de l'information et de la communication avec le système éducatif. Les positions épistémologiques et les cadres théoriques utilisés par ces chercheurs ont fourni des propositions théoriques et des perspectives méthodologiques très différentes pour analyser l'utilisation individuelle et les usages collectifs des artefacts numériques d'apprentissage dans le système

éducatif (Peraya, 2007). Cette recherche ne se concentre pas sur l'utilisation et les usages de ces artefacts, mais sur leur processus de conception qui, à l'heure actuelle, dans le meilleur des cas, fait appel aux différents acteurs du système éducatif pour coopérer au lieu de collaborer.

Comme nous l'avons déjà remarqué, nous avons choisi le manuel scolaire numérique, parce que sa conception illustre ce processus coopératif de travail au cours duquel les enseignants et les inspecteurs académiques créent les contenus ; un graphiste crée la maquette ; dans la plupart des cas, un prestataire met en place les fonctionnalités apportées par le numérique ; et, une fois l'artefact terminé, celui-ci est envoyé aux enseignants afin qu'ils le testent (Gérard et Roegiers, 2009 ; Radtka, 2013).

Ce processus de conception coopérative est appliqué à la conception de la plupart des artefacts numériques d'apprentissage actuels, qui, au mieux, est coopérative et, au pire, se fait dans l'isolement (Boyle, 2002 ; Conole, 2013 ; Conole *et al.*, 2007 ; Herrmann, 2006).

2.2.1 Question de recherche

Le but de la présente thèse est de déterminer comment une approche des interactions collaboratives — par opposition à une approche des interactions coopératives — dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage, peut améliorer l'inventivité d'un groupe inter-catégoriel composé des différents acteurs du système éducatif impliqués dans le processus de conception de ces artefacts. Pour répondre à la question de recherche, nous avons développé une méthode de conception décrite dans la partie V de ce travail.

Plus précisément, la question suivante est posée : **si les différents acteurs du système éducatif étaient impliqués dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage à travers une méthode de conception qui favorise la collaboration — par opposition à la coopération —, l'inventivité de ce processus de conception en serait-elle influencée ?** Cette question est posée à titre général à propos des artefacts numériques d'apprentissage et plus spécifiquement en ce qui concerne l'artefact numérique d'apprentissage choisi pour cette recherche : le manuel scolaire numérique. En tenant compte du fait que le manuel scolaire en général est un artefact très symbolique du système éducatif, cette recherche se concentre sur la conception des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire, non pas sur le contenu de cet artefact numérique d'apprentissage.

Notre objectif est de contribuer à repenser la conception des artefacts numériques d'apprentissage en général et des manuels scolaires numériques en particulier, tout en proposant une méthode de conception qui puisse être adaptée à d'autres contextes où la conception d'une solution répondant à un problème est nécessaire dans le système éducatif.

2.2.1.1 Sous-questions de recherche

À partir de ce questionnement d'ordre général, cette recherche apporte des réponses aux questionnements spécifiques suivants :

Q1. Un processus de conception avec une méthode qui favorise les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — d'un groupe inter-catégoriel de conception d'artefacts numériques d'apprentissage intégrant l'ensemble des acteurs du système éducatif influe-t-il la circulation des idées du groupe de conception ?

Q2. Un processus de conception avec une méthode qui favorise les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — d'un groupe inter-catégoriel de conception d'artefacts numériques d'apprentissage et intègre l'ensemble des acteurs du système éducatif réduit-il la génération de sous-groupes d'individus résistant aux idées complexes ?

Q3. Une production issue d'un groupe inter-catégoriel de conception d'artefacts numériques d'apprentissage qui intègre l'ensemble des acteurs du système éducatif utilisant un processus de conception avec une méthode qui favorise les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — a-t-elle des fonctionnalités plus inventives ?

Q4. Quelle est la dynamique d'influence individuelle et collective des acteurs d'un groupe inter-catégoriel de conception d'artefacts numériques d'apprentissage intégrant l'ensemble des acteurs du système éducatif pendant un processus de conception avec une méthode qui favorise les interactions collaboratives et en l'absence de cette méthode ?

Les deux objectifs principaux de cette thèse sont les suivants :

1. étudier de nouvelles façons de promouvoir la collaboration — par opposition à la coopération — entre les différents acteurs du système éducatif dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage en générale et de manuels

scolaires numériques en particulier. L'accent porte sur l'influence de la collaboration et de la coopération sur l'inventivité collective d'un groupe d'individus travaillant ensemble ;

2. concevoir et valider une méthode de conception qui favorise les interactions collaboratives généralisable pouvant guider son implémentation dans des contextes de conception de solutions nécessitant d'être inventives pour répondre à un problème complexe du système éducatif.

2.3 Synthèse

Comme nous l'avons vu, cette recherche porte de manière générale sur l'impact des interactions collaboratives entre les acteurs du système éducatif au moment de concevoir les fonctionnalités d'un artefact numérique d'apprentissage. Plus spécifiquement, elle s'intéresse à l'impact de ces interactions sur le processus d'invention collective des acteurs du système éducatif. Le chapitre suivant expose nos hypothèses en réponse aux questions exposées ci-dessus.

Chapitre 3 : Les hypothèses

3.1 Introduction

Changer la façon dont les artefacts d'apprentissage numériques transforment l'apprentissage nécessite non seulement d'introduire un nouvel artefact numérique dans le système éducatif, mais également de mettre à niveau l'ensemble du « *système d'exploitation* » du système en réorganisant la façon dont les acteurs éducatifs s'organisent et se coordonnent (Scharmer, 2001).

Ce changement implique de transformer le système éducatif afin de le faire passer d'une « *tour d'ivoire* » vers un système d'interactions distribuées intégrant tous les acteurs du système dans le processus de conception des artefacts numériques d'apprentissage. Pour commencer à résoudre ce problème, le système doit prendre en considération deux facteurs : 1) de nouvelles plateformes pour la co-création intersectorielle et une mise à niveau du « *système d'exploitation* » que les acteurs utilisent pour interagir et 2) des pratiques facilitant le passage d'un système individuel ou coopératif à un système collaboratif interconnecté au processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage (Scharmer et Kaufer, 2013).

Dans un système, nous pouvons identifier quatre niveaux d'interactions pour coordonner et organiser l'activité des individus au sein du système : 1) hiérarchique ou individuel, où il n'existe pas d'interactions entre les individus, 2) compétitif, où les interactions des individus sont basées sur la compétition, 3) coopératif, où l'action est collective, mais les interactions entre les individus ont lieu au sein de sous-groupes formés dans le système et 4) collaboratif, où l'action entre les individus est collective sans la formation de sous-groupes dans le système.

En ce qui concerne la conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans un système éducatif, nous pensons que le problème lié au manque d'inventivité par rapport à la transformation de l'expérience d'apprentissage lors de la conception de ces artefacts d'apprentissage est dû au fait que nous essayons de résoudre un problème de niveau 4 (voir le paragraphe précédent) avec une méthode d'interactions qui fonctionne sous les niveaux 1, 2 ou 3.

3.2 L'hypothèse générale

Nous proposons comme hypothèse principale que les interactions collaboratives lors du processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans un système éducatif inter-catégoriel influenceront, par opposition aux interactions coopératives entre sous-groupes, l'inventivité du groupe de conception. Plus précisément, nous émettons les hypothèses décrites dans la sous-section suivante.

3.2.1 Les sous-hypothèses

H1. Les groupes de conception collaboratifs favoriseront une plus grande circulation des idées que les groupes de conception coopératifs. La qualité de la circulation des idées d'un groupe est mesurée au moyen d'un « *coefficient de collaboration* » défini à partir de la quantité des interactions entre deux individus à l'intérieur du groupe, ainsi que de la distribution de l'information au sein de ce groupe. En revanche, nous émettons l'hypothèse qu'une dynamique d'organisation et de coordination entre les individus d'un groupe coopératif aura un impact négatif sur la génération de nouvelles idées, en augmentant la génération des « *chambres d'écho* » — quand les individus d'un groupe sont trop étroitement liés et deviennent résistants aux nouvelles idées — et en défavorisant l'égalité de participation dans le groupe, dans la mesure où la distribution de l'information est moins équilibrée que dans un groupe collaboratif.

H2. Un « *coefficient de collaboration* » plus élevé du groupe de conception est corrélé à un « *coefficient d'invention* » plus élevé, ce dernier étant mesuré en fonction du nombre de nouveaux brevets et défini à partir de la « *perception de nouveauté* » de l'artefact numérique d'apprentissage conçu et de sa « *perception d'utilisation* ».

En ce qui concerne l'artefact numérique d'apprentissage vu par chaque individu à la fois comme un « *objet-valise* » — un objet dans lequel chacun des acteurs investit ses propres utopies ; c'est le stade de « fascination » de l'acteur par rapport à l'objet contenant toutes ses suppositions (Flichy, 2003) - et un « *objet-frontière* » - un objet qui fait partie de plusieurs mondes sociaux et qui facilite la communication entre eux, il a une identité différente dans chaque monde social qui est le sien (Star et Griesemer, 1989) —, cette recherche vise à explorer les différences entre un groupe coordonné et organisé de façon collaborative et un groupe

coordonné et organisé de façon coopérative quant à l'influence individuelle et collective au sein du groupe au moment de l'acte de conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

3.3 Synthèse

Ce chapitre exposait les hypothèses que nous proposons en réponse à la problématique décrite dans le chapitre précédent. Nous pouvons identifier dans ces hypothèses trois variables principales qu'il conviendra de tester sur la base de notre cadre méthodologique décrit dans la partie IV : 1) le **niveau de collaboration-coopération** dans un groupe d'acteurs du système éducatif chargé de concevoir un artefact numérique d'apprentissage pour ce système et 2) le **niveau d'inventivité d'un groupe de conception** collaboratif et coopératif. Nous nous intéressons également à la dynamique d'influence individuelle et collective d'un groupe de conception collaboratif et coopératif mesurée à partir de la représentation que chaque individu du groupe se fait de l'artefact à concevoir. Il convient de rappeler que l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir est un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire avec toutes ses complexités découlant du fait que chaque acteur du système éducatif a une représentation différente de cet artefact. Ces complexités ont été décrites dans le premier chapitre de cette partie.

La prochaine partie établit le lien entre ces variables et le cadre théorique.

Partie III : cadre théorique

Cette partie mobilise six thématiques en vue de constituer le cadre théorique de notre recherche. Nous commençons par une brève introduction annonçant les thèmes et expliquant la raison pour laquelle nous mobilisons ces thèmes dans le cadre théorique. Les chapitres suivant l'introduction développent chaque thématique. Enfin, nous concluons cette partie par une synthèse qui explique l'articulation du cadre théorique illustrant notre positionnement.

Chapitre 1 : introduction à la partie III

Chapitre 2 : les modalités de l'action collective

Chapitre 3 : le produit de l'action collective

Chapitre 4 : les objets-frontières et la théorie des réseaux

Chapitre 5 : la théorie de la physique sociale

Chapitre 6 : la circulation des idées dans un groupe

Chapitre 7 : le processus de conception

Chapitre 8 : synthèse et positionnement

Chapitre 1 : introduction à la partie III

Notre cadre théorique articule plusieurs thèmes autour des questions de recherche et des hypothèses décrites dans la partie précédente. Comme nous l'avons vu, les modalités de l'action collective dans un groupe d'individus représentent le cœur de ce travail. Pour cette raison, le cadre théorique commence par l'exploration de ces modalités de travail collectif au sein des groupes d'individus.

Comme nous l'avons décrit dans la première partie, ces modalités d'action collective ont une incidence sur la façon dont les individus d'un groupe travaillent ensemble, ainsi que sur la production issue de ce travail collectif. C'est pourquoi le troisième chapitre du cadre théorique explore plus en détail des questions telles que l'inventivité, la créativité et l'innovation afin de mieux définir notre positionnement par rapport à ces thèmes et leur lien avec nos questions de recherche et nos hypothèses.

Étant donné que chaque individu composant le groupe apporte son « *monde* » à l'intérieur du groupe, nous estimons qu'il est important de mobiliser différentes thématiques en rapport avec les représentations que les individus véhiculent au sein d'un groupe, plus spécifiquement les représentations de l'artefact à concevoir lorsqu'il s'agit de groupes de conception, comme c'est le cas de la présente recherche. Nous nous sommes concentrés sur les objets-frontière, puisque l'objectif de cette conceptualisation est de repenser la théorie de l'acteur-réseau dans une perspective écologique de l'action collective en soulignant le rôle de tous les artefacts dans un processus d'interaction humaine s'inscrivant dans le courant interactionniste symbolique (Blumer, 1986).

Ainsi, les interactions sociales dérivées de l'activité des individus constituant un groupe de travail nous amènent à mobiliser les concepts liés à la « *théorie de la physique sociale* » (Pentland, 2015) et la théorie des réseaux afin de mieux comprendre l'impact collectif et individuel de ces interactions.

Dans un groupe d'individus travaillant ensemble pour atteindre un objectif ou, dans le cas de cette recherche, pour concevoir une solution à un problème donné, les individus génèrent des idées (influencées, comme nous l'avons remarqué, par le contexte social de l'individu) puis les font circuler au sein du groupe afin d'atteindre, grâce à cette circulation des idées, l'objectif

collectif du groupe. Le chapitre 6 traite des théories et des modèles relatifs à la circulation des idées au sein d'un groupe d'individus.

Enfin, le chapitre 7 du cadre théorique abordera le thème de la conception ; en effet, dans le cadre de cette recherche, nous explorons le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage (un manuel scolaire numérique d'histoire) grâce à la circulation des idées de chaque individu intégrant un groupe de conception. Cette circulation des idées se matérialise dans les différentes actions collectives qui entrent en jeu lors des interactions des individus au sein du groupe.

Chapitre 2 : les modalités de l'action collective

2.1 Introduction

La littérature montre que l'hétérogénéité des profils d'individus appartenant à un groupe de travail a un impact sur la performance, la créativité et l'inventivité du groupe (Dezsö et Ross, 2011 ; Loyd *et al.*, 2013 ; Phillips *et al.*, 2006 ; Richard, 2000). La littérature sur la performance des groupes hétérogènes signale également l'importance particulière du partage des connaissances, ainsi que la création d'une base de connaissances partagée entre les individus qui intègrent le groupe (Marm-Garcia et Zarate-Martinez, 2007 ; Sapsed *et al.*, 2012). Cependant, la littérature n'est pas consensuelle quant aux formes d'interaction que les groupes d'individus hétérogènes sont en mesure d'utiliser pour faire circuler les idées tout en intégrant les connaissances et les informations en vue de contribuer à une amélioration du processus d'invention.

La théorie de l'apprentissage en groupe distingue deux formes d'interaction : la coopération et la collaboration. Comme nous l'avons remarqué au début de ce travail, il n'y a pas vraiment d'accord sur la différence entre la coopération et la collaboration dans la littérature scientifique (Dillenbourg *et al.*, 1995). Cependant, nous utilisons la définition de Dillenbourg *et al.* (1995) à travers les travaux de Roschelle et Teasley (1995), qui définissent le travail coopératif comme le travail accompli par un groupe moyennant la division du travail entre les individus qui constituent ce groupe, comme une activité où chaque personne est responsable d'une partie de la résolution du problème, à la différence de la collaboration, définie comme l'engagement mutuel des individus du groupe dans un effort coordonné pour résoudre le problème ensemble.

Dans le contexte du partage des connaissances et de la distribution de l'information, la collaboration fait référence à des liens forts et à un partage des connaissances et de l'information entre les individus d'un groupe. Dans ce même contexte, la coopération renvoie au transfert des connaissances et de l'information entre les individus d'un groupe (Keast *et al.*, 2007 ; Roschelle et Teasley, 1995).

2.2 Les origines

Si nous reprenons les travaux de Margulis (1991) sur la symbiose qui émerge lorsque des individus d'une espèce interagissent avec des individus d'une autre espèce, chaque espèce individuelle est appelée un « *biont* » ; lorsque deux « *bionts* » d'espèces différentes s'engagent les uns les autres, le processus est appelé un « *holobiont* ». Dans ce contexte, Margulis (1991) montre l'importance de l'interdépendance pour la survie des deux espèces individuelles ayant besoin de former l'« *holobiont* », reconnaissant par là la nécessité d'un nouveau cadre pour comprendre et décrire les organismes comme des systèmes plutôt que comme des individus (Margulis et Fester, 1991).

Ainsi, plutôt que de centrer la biologie sur les prémisses des organismes individuels, le travail de Margulis (1991) a porté sur leur interaction dans des systèmes émergents et mutualistes. Ce même processus pourrait être appliqué à d'autres organismes. Dans la forêt par exemple, Simard (2009) appelle chaque arbre un « *stand* », et tous les « *stands* » interagissent entre eux en transmettant entre autres du carbone ; ils interagissent également avec les fils fongiques souterrains en échangeant du carbone contre des nutriments. Les interactions des modèles de Margulis (1991) et Simard (2009) sont similaires, chaque « *biont* » est un « *stand* ».

En ce qui concerne les êtres humains, nous sommes la seule espèce du monde vivant qui développe son cerveau après la naissance (Harari, 2015). À part boire, respirer et crier, un être humain qui vient de naître ne sait quasiment rien faire, car toute fonction physique ou psychique nécessite des connexions entre les neurones. Ces connexions n'apparaîtront qu'après la naissance, leur développement dépendant des interactions avec l'environnement et avec les autres êtres humains (Généreux, 2011 ; Morin et Cyrulnik, 2011).

L'être humain est donc un être social dont l'évolution se construit dans et par les interactions et la communication avec son environnement et avec les autres êtres humains (Gueguen, 2014).

En ce qui concerne les sciences de l'homme et de la société, elles s'accordent également à définir l'être humain comme un être social qui évolue à partir des relations et des interactions avec son contexte et avec les autres êtres humains. La communication et l'action collective en général, à travers la collaboration et la coopération, sont les forces que l'espèce humaine a

développées grâce à son processus d'évolution pour compenser ses faiblesses biologiques (Généreux, 2011 ; Harari, 2015 ; Morin et Cyrulnik, 2011).

2.3 La coordination et la performance des groupes collaboratifs et coopératifs

Jusqu'ici, nous n'avons pas établi de différence entre un groupe d'individus et une équipe d'individus. Le terme équipe peut prendre un large éventail de significations en fonction de l'interdépendance des tâches et du statut organisationnel de l'équipe (Kozlowski et Bell, 2003). Au niveau le plus fondamental, la littérature cherche à distinguer un « *groupe de travail* » et une « *équipe de travail* » de la manière suivante : les groupes de travail sont caractérisés par une interdépendance plus réduite. Ils sont fondés sur une hiérarchie organisationnelle et peuvent se réunir périodiquement pour partager ou faire circuler des informations. Les équipes de travail disposent d'une interdépendance plus grande, les individus d'une équipe ont besoin les uns des autres pour accomplir le travail ensemble (Kozlowski et Bell, 2003).

Cette différenciation peut être associée aux deux formes de coordination du travail entre des individus décrites dans le cadre de cette recherche. Dans le cadre de la coopération, au moment de résoudre un problème, les individus ou les sous-groupes constitués à partir de la division du travail sont moins interdépendants pour accomplir la sous-tâche qui fait partie de la solution de l'ensemble du groupe. En revanche, dans le cadre de la collaboration, les individus sont plus interdépendants pour concevoir la solution de l'ensemble du groupe. Pour cette raison, la coopération s'avère être très efficace pour accomplir un travail plus rapidement et a ainsi été une façon de travailler très adaptée à l'ère industrielle, alors que les usines devaient accomplir des tâches répétitives plus rapidement (Durkheim, 2014 ; Merton, 1934).

Par conséquent, ces deux formes de coordination du travail entre des individus sont liées à la nature de la tâche à réaliser au sein du groupe. Il y aura des tâches ou des objectifs pour lesquels une action collective collaborative sera plus appropriée et d'autres pour lesquels une action collective coopérative sera plus pertinente, comme dans le cas des tâches répétitives et spécialisées (Durkheim, 2014 ; Merton, 1934).

Dans un souci de simplicité, tout au long de ce travail, nous ne faisons pas la différence entre une équipe d'individus et un groupe d'individus. Cette différenciation est importante pour mieux comprendre la dynamique des interactions collaboratives et coopératives associées à l'interdépendance des individus, mais en ce qui concerne le cadre théorique et empirique de ce travail, elle risque de compliquer la compréhension des implications des interactions collaboratives et coopératives. C'est pour cette raison que, tout au long de ce travail, nous ne parlons que de groupes, la collaboration se caractérisant par une grande interdépendance dans l'ensemble du groupe et la coopération dans le cadre d'un groupe divisé en sous-groupes se caractérisant par une grande interdépendance à l'intérieur de chaque sous-groupe et par une absence d'interdépendance entre sous-groupes.

2.3.1 Performance collective et performance individuelle

Les psychologues ont défini un facteur d'intelligence individuelle en mesurant la performance réalisée par un individu au cours de différentes tâches cognitives (Woolley *et al.*, 2010); pour eux, la performance réalisée lors de ces tâches est corrélée à l'intelligence individuelle. De la même manière, certains chercheurs ont commencé à explorer des facteurs qui permettent de décrire la capacité collective d'un groupe d'individus à effectuer une grande variété de tâches en se concentrant sur deux notions : 1) la composition du groupe et 2) les interactions au sein du groupe (Woolley *et al.*, 2015).

Dans des domaines tels que la psychologie sociale ou le comportement organisationnel, il existe une vaste littérature scientifique montrant les divers facteurs qui ont un impact sur la performance d'un groupe de travail (Hackman, 1987 ; Ilgen *et al.*, 2005 ; Larson, 2010). Le problème est que la plupart de ces études sont axées sur une tâche spécifique à réaliser. Elles décrivent comment un groupe d'individus résout cette unique tâche.

En ce qui concerne l'individu, les psychologues ont constaté que lorsqu'il effectue une grande variété de tâches cognitives différentes, il est possible de mesurer sa performance à l'aide d'un seul facteur qu'ils appellent l'intelligence générale (Deary *et al.*, 2012). Donc, dans le cas où nous voudrions déterminer la performance collective d'un groupe, il nous faudrait mesurer la performance du groupe sur un large éventail de tâches différentes.

Ainsi, diverses études montrent que la performance collective d'un groupe est différente de la performance des individus qui intègrent le groupe. Des travaux récents réalisés auprès de groupes travaillant en présentiel et en ligne ont fait le même constat : la performance individuelle d'un groupe ne permet pas de présager de la performance collective du groupe (Engel *et al.*, 2014).

2.3.2 Les facteurs qui déterminent la performance d'un groupe

Plusieurs facteurs peuvent influencer la performance générale d'un groupe. Nous allons explorer ci-dessous les plus importants en passant en revue la littérature scientifique.

2.3.2.1 Emplacement d'individus dans le groupe

Dans le cas où les individus qui composent le groupe travaillent dans le même espace physique, il existe une zone commune d'interaction physiquement identifiée et spécifiquement allouée à l'exécution des tâches du groupe. Au contraire, si les individus ne se trouvent pas dans le même espace physique, ils communiqueront au travers d'interactions assistées par ordinateur. Dans ce cas, la médiation instrumentale et les transformations peuvent être évoquées, puisque les individus du groupe vont médiatiser leurs interactions.

Lorsque la proximité physique des individus d'un groupe est importante, la probabilité de communication entre eux sera plus grande. Certaines recherches ont montré que la proximité physique des individus au sein d'un groupe améliore non seulement la confiance entre les individus constituant le groupe, mais aussi les relations interpersonnelles (Kahn et McDonough III, 1997 ; Lakemond et Berggren, 2006 ; McDonough III *et al.*, 2001).

En ce qui concerne la communication à distance, la littérature n'est pas consensuelle. Si ce mode de communication peut se substituer à la proximité physique des individus d'un groupe, la plupart des auteurs font remarquer que les conversations en face à face sont beaucoup plus riches qu'une conversation assistée par ordinateur, du fait que la technologie et les médias disponibles ne sont pas capables de capturer et de transmettre des données du comportement humain telles que le langage corporel ou l'intonation (Herbsleb *et al.*, 2000 ; Lehmann, 2003 ; Smith et Reinertsen, 1997).

En ce qui concerne l'ensemble du système éducatif, l'un des avantages du travail à distance avec l'ensemble des acteurs de ce système consiste à éviter l'impact des hiérarchies entre les acteurs (élèves, enseignants, personnel de direction, parents d'élèves, etc.) au moment des interactions. Un autre avantage est lié au fait que cette façon de travailler dans le cadre d'une recherche scientifique nous fournit un nouvel instrument de mesure des interactions : les traces numériques des interactions que nous traiterons plus en détail dans la partie IV et la partie V.

2.3.2.1.1 Personnalité et performance individuelle des individus d'un groupe

La plupart des recherches concernant la différence de personnalité des individus à l'intérieur d'un groupe sont axées sur l'émergence des comportements de leadership (Kickul et Neuman, 2000). Quelques études ont essayé de montrer l'incidence de la personnalité des individus dans la performance d'un groupe (Bradley, 1997), mais, comme nous l'avons vu plus haut, des recherches plus récentes (Duhigg, 2016 ; Engel *et al.*, 2014 ; Pentland, 2015) tendent à montrer que la personnalité et la performance individuelle ont peu d'incidence sur la performance collective d'un groupe et que celle-ci est davantage corrélée à d'autres facteurs tels que les dynamiques du groupe (Duhigg, 2016) ou les interactions entre les individus du groupe (Engel *et al.*, 2014 ; Pentland, 2015).

Nous sommes en mesure d'observer que les caractéristiques principales des facteurs décrits ci-dessus concernent plutôt l'individu que le groupe. Comme nous l'avons remarqué précédemment, la performance individuelle d'un groupe ne permet pas d'anticiper la performance collective d'un groupe (Engel *et al.*, 2014), et c'est probablement la raison pour laquelle l'observation de la performance de 180 groupes de travail — à ce jour l'une des recherches les plus importantes consacrée à la performance des groupes de travail (Duhigg, 2016) — a amené différents chercheurs à constater que ces facteurs n'étaient pas significativement liés à l'efficacité et à la performance collective d'un groupe de travail (Duhigg, 2016).

2.3.2.2 La charge de travail et la taille du groupe

Dans la littérature scientifique, un grand nombre de recherches mentionnent l'importance de la taille du groupe. De nombreux chercheurs ont identifié que les groupes moins nombreux comptant moins de dix membres sont susceptibles d'être plus performants dans une

grande variété de tâches que les groupes plus nombreux (Katzenbach et Smith, 1993 ; Campion *et al.*, 1993 ; Moreland *et al.*, 1996 ; Aubé *et al.*, 2011). Enfin, plusieurs chercheurs ont également démontré que les groupes de travail moins nombreux réduisent les conflits interindividuels, augmentent leur niveau de communication, ainsi que leur cohésion (Mathieu *et al.*, 2008 ; Moreland et Levine, 1992).

En ce qui concerne, par exemple, le processus de génération d'idées au sein d'un groupe d'individus utilisant la technique de brainstorming proposée par Osborn en 1940, plusieurs recherches ont démontré l'inefficacité de cette technique de production d'idées collective, surtout par rapport à la quantité des idées produites et leur impact sur la distribution de l'information dans le groupe créant une ou plusieurs « *chambres d'écho* » — quand les individus d'un groupe sont trop étroitement liés et deviennent résistants aux nouvelles idées — au sein du groupe (Camacho et Paulus, 1995 ; Paulus et Dzindolet, 1993). Plus la taille du groupe augmente, et plus la performance de celui-ci diminue (Katzenbach et Smith, 1993 ; Moreland *et al.*, 1996), obligeant le groupe à se diviser en sous-groupes moins nombreux afin d'augmenter l'efficacité collective de l'ensemble du groupe.

À l'heure où l'industrialisation et la production d'artefacts exigeaient efficacité et rapidité, la dimension du groupe répondait entre autres à la nécessité d'utiliser une forme de coordination et d'organisation coopérative, via la division d'une tâche en sous-tâches ou d'un groupe en sous-groupes (Durkheim, 2014 ; Merton, 1934). Comme nous l'avons vu, cette façon de travailler est plus efficace, en termes de facilité et de rapidité, pour que le groupe parvienne à une solution collective, ce qui peut expliquer les résultats des recherches décrits ci-dessus.

Pour d'autres chercheurs, le problème n'est probablement pas lié à la taille du groupe, mais au processus de coordination et d'organisation de celui-ci (Linsey *et al.*, 2005). Selon la littérature de ces dernières années, l'équilibre d'interaction et de participation interindividuelles au sein d'un groupe détermine sa performance générale tout en réduisant les conflits et en augmentant le niveau de communication et de cohésion (Paulus *et al.*, 2015). En ce sens, l'une des recherches scientifiques réalisées ces dernières années, et citée ci-dessus, a également montré que la taille du groupe n'avait pas d'impact sur la performance collective générale d'un groupe (Duhigg, 2016).

2.3.2.3 Les dynamiques d'interaction d'un groupe

Comme nous l'avons déjà fait observer, les chercheurs constatent de plus en plus que ce qui est important pour la performance d'un groupe n'est pas corrélé à la personnalité des individus qui composent le groupe, mais plutôt à la façon dont le groupe travaille ensemble (Duhigg, 2016), que nous pouvons désigner comme la ou les dynamiques d'interaction du groupe.

Une des principales dynamiques concerne le degré de confiance des individus dans le groupe. Cette dynamique se réfère à la perception qu'un individu dans le groupe peut avoir des conséquences liées à une prise de risque et de leur impact collectif (Edmondson, 1999). Dans un tel contexte, les individus n'hésitent pas à proposer de nouvelles idées à l'ensemble du groupe, sans aucune crainte d'un jugement ou d'une sanction, de sorte que tout individu à l'intérieur du groupe est encouragé à prendre des risques. Certaines recherches ont désigné cette dynamique comme le facteur le plus important pour la performance collective d'un groupe (Duhigg, 2016).

L'autre dynamique présentée par la littérature scientifique concerne, outre la confiance et la « *dépendance* » entre les individus du groupe. Dans cette configuration, les individus accomplissent le travail tous ensemble, ce qui développe la confiance dans le groupe (De Jong et Elfring, 2010). Cette dynamique favorise le partage de responsabilité entre les individus dans l'accomplissement de la tâche. Depuis plusieurs décennies, la littérature démontre que les structures promouvant une responsabilité partagée dans le groupe, à l'opposé des structures favorisant une répartition inégale des responsabilités, améliorent la performance collective d'un groupe (Jones, 1984).

Les dernières dynamiques d'interaction concernent la structure, la clarté des objectifs du groupe, ainsi que le sens et l'impact du travail. La littérature montre que la fixation des objectifs au niveau de l'individu ou du groupe ne crée pas de différence ; ces objectifs doivent cependant être spécifiques, stimulants et atteignables (Duhigg, 2016 ; Steward et Barrick, 2000). La signification du travail est personnelle et très variable, mais une structure qui favorise la communication équilibrée entre les individus est un aspect très important pour améliorer la clarté des objectifs et du sens (Steward et Barrick, 2000). Enfin, la signification de la tâche

collective à réaliser améliore également la performance collective, notamment lorsque les individus disposent d'un retour sur leur contribution (Grant, 2008), l'égalité de contribution ayant un impact si la performance est collective (Engel *et al.*, 2014 ; Olgúin *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014).

En général, il est toujours possible d'observer l'écart entre la performance individuelle et la performance collective du groupe. Les chercheurs en sciences sociales et humaines ont longtemps montré de l'intérêt pour les questions suivantes : comment les groupes peuvent-ils accroître leur efficacité ? Pourquoi les groupes dont les individus sont physiquement proches fonctionnent-ils différemment que les groupes composés d'individus travaillant à distance ? Dans quelle mesure le comportement des individus dominants influence-t-il la performance de l'ensemble du groupe ? Ces dernières années, les dynamiques d'interaction d'un groupe ont fait l'objet d'un intérêt croissant, dans la mesure où elles sont un facteur clé, qui affecte la performance et la satisfaction des individus au sein d'un groupe. Il y a plus de 40 ans, Shaw (1976) définissait les dynamiques d'interaction d'un groupe comme les activités, processus, opérations, changements, interdépendances et interrelations qui se produisent au sein d'un groupe d'individus (Shaw, 1976).

En conséquence, la collaboration et la coopération, dans le cadre de la coordination et de l'organisation des interactions des individus d'un groupe, constituent une donnée de ces dynamiques d'interaction. Toutefois, peu de recherches ont été menées sur la distinction entre les interactions collaboratives et coopératives et leur impact au sein d'un groupe (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Roschelle et Teasley, 1995), et la plupart d'entre elles ont été faites en étant axées sur le milieu qui supporte ce type d'interactions (Holliman et Scanlon, 2006 ; A. Jones *et al.*, 2000 ; Littleton et Whitelock, 2005 ; McAllister *et al.*, 2004 ; Rimmershaw, 1999).

Enfin, il convient une fois encore de rappeler l'importance de la nature de la tâche à réaliser par le groupe d'individus, puisque cette dernière peut impacter non seulement la façon d'organiser et de coordonner les interactions des individus au sein du groupe, mais aussi les dynamiques de ce groupe.

2.3.2.4 Hétérogénéité du groupe

Outre les dynamiques d'interaction d'un groupe (la manière dont le groupe travaille ensemble), différents chercheurs ont constaté que l'hétérogénéité du groupe représente un autre facteur qui impacte la performance collective d'un groupe. L'hétérogénéité dans les groupes est une composante importante, car il a été démontré que la diversité des individus dans un groupe de travail a un impact sur la performance, la créativité et l'inventivité collective du groupe (Comstock, 2012 ; Hewlett *et al.*, 2013 ; Loyd *et al.*, 2013 ; Phillips, 2014 ; Phillips *et al.*, 2006).

Nous pouvons identifier deux types d'hétérogénéité dans un groupe : 1) l'hétérogénéité de l'expertise de chaque individu et 2) l'hétérogénéité sociale des individus. Dans ce contexte, il y a plusieurs décennies que les recherches menées par des scientifiques de l'organisation, des psychologues, des sociologues, des économistes et des démographes prouvent que les groupes socialement hétérogènes obtiennent généralement de meilleurs résultats en matière de performance collective que les groupes plus homogènes (Williams et O'Reilly III, 1998).

Le point le plus important pour comprendre l'influence positive de l'hétérogénéité dans un groupe d'individus concerne l'information qui circule dans le groupe (Phillips, 2014 ; Phillips *et al.*, 2006). Lorsque les individus sont rassemblés pour résoudre des problèmes en groupe, ils apportent des informations différentes au sein du groupe. Cela semble plus familier lorsqu'il est question de disciplines, mais la même logique s'applique à l'hétérogénéité sociale : les individus différents dans différentes dimensions sociales apportent des informations uniques, et surtout des expériences uniques pour concevoir ou accomplir la tâche collective du groupe (Dezsö et Ross, 2011).

Il conviendrait d'observer que la plupart des grandes études scientifiques portant sur la question de l'hétérogénéité dans les groupes ont montré que cette dernière est corrélée à une meilleure performance, mais, dans la littérature scientifique, il est difficile de trouver des études montrant un lien de causalité. En ce qui concerne les formes de travail collaboratives et coopératives et l'hétérogénéité des groupes, comme nous l'avons constaté, la coopération a toujours tendance à rassembler les individus les plus homogènes possible en sous-groupes pour augmenter l'efficacité du travail (Durkheim, 2014) ; en revanche, la collaboration crée un modèle partagé, en construisant et en maintenant un espace conjoint pour tous les individus du

groupe (Roschelle et Teasley, 1995). Certains critiques ont souligné que cette identité partagée dans un processus de travail collaboratif permet difficilement d'atteindre un objectif collectif et peut provoquer des pyramides de pouvoir dans un groupe d'individus (Camacho et Paulus, 1995 ; Paulus et Dzindolet, 1993).

2.4 L'évolution de la collaboration et de la coopération

En biologie, les singes vervets sont connus pour leurs appels d'alarme. Lorsqu'il y a danger, un des singes du groupe hurle pour avertir ses congénères qu'un prédateur est à proximité. Or en hurlant, il attire l'attention sur lui et se met par là-même en danger. En commençant par Charles Darwin, les scientifiques ont eu du mal à expliquer ce genre de comportement. Le problème est que si un pourcentage suffisamment élevé de singes hurleurs est prélevé par les prédateurs, la sélection naturelle devrait alors éliminer ce type de singes (Williams, 2008), mais elle ne le fait pas, et les spéculations scientifiques sur cette question se poursuivent depuis des décennies.

L'exemple ci-dessus décrit un processus de coopération au sein d'un groupe ; les singes ont un objectif individuel à atteindre, pour ensuite obtenir un résultat collectif. Ainsi la littérature scientifique suggère que les groupes coopératifs ont plus de chances de survivre que les groupes non coopératifs (Williams, 2008). Dans ce contexte, la théorie des jeux a permis de décrire aux scientifiques les diverses stratégies auxquelles des individus peuvent recourir afin de développer la coopération au sein d'un groupe (Axelrod, 2006).

En 1950, Albert W. Tucker introduisait le « *dilemme du prisonnier* », qui suppose l'arrestation de deux individus et leur placement dans des cellules séparées. Chacun dispose du choix d'avouer ou de ne pas avouer son crime. Dans le meilleur des cas, si les deux individus ne disent rien, ils seront libérés. Mais puisque ni l'un ni l'autre ne sait ce que l'autre fera, garder le silence est risqué. Si l'un avoue et l'autre pas, le premier est condamné à une peine plus légère tandis que le second souffrira une peine plus lourde.

Ce dilemme est souvent utilisé par les scientifiques pour comprendre le processus de coopération entre deux individus (chacun visant un objectif individuel en vue d'un résultat collectif à la fin) (Axelrod, 2006). Dans le « *dilemme du prisonnier* », la meilleure stratégie

consiste à avouer en vue d'une peine plus légère. Ce qui est intéressant, c'est que si la situation se répète plusieurs fois, la stratégie optimale change. Si l'occurrence se présente une seule fois, le singe vervet qui repère un prédateur sera plus en sécurité s'il reste silencieux. Mais au cours d'une vie, le singe aura plus de chances de survivre s'il avertit les autres singes et s'ils se comportent de même (Axelrod, 2006).

Dans le cadre de cette recherche, il convient mieux d'utiliser l'analogie de la « *confiance individuelle et collective* » au sein d'un groupe pour expliquer ce processus coopératif, compte tenu de la connotation négative que revêt la coopération dans le « *dilemme du prisonnier* ». Ainsi, moins il y aura d'« *interactions répétées* » entre deux individus, plus il y aura de méfiance. L'espace collectif du groupe ne compte pas dans la quantité des interactions, il s'agit d'interactions bidirectionnelles entre deux individus.

La théorie des jeux présente à ce sujet deux idées puissantes : 1) le « *jeu à somme nulle* » est la croyance collective qu'un gain pour l'individu doit aboutir à une perte pour tous, et inversement, et 2) le « *jeu à somme non nulle* » est le moment où les individus font de gros efforts pour créer une solution gagnant-gagnant ou pour éviter au moins une solution perdant-perdant. Sans le « *jeu à somme non nulle* », la confiance collective ne peut pas évoluer (Axelrod, 2006).

Dans ce « *jeu* », une dernière variable est à prendre en considération : la circulation de la communication dans le groupe. Le manque de communication ou l'interprétation erronée d'un message entre deux individus dans un processus de coopération constitue un énorme danger pour le développement de la confiance collective du groupe ; si ce manque de communication ou si l'interprétation erronée est faible, l'impact sur la confiance collective est également faible, mais s'ils se présentent successivement, la probabilité de la perte de confiance augmentera à l'intérieur du groupe et impactera la coopération entre les individus en faisant partie (Axelrod, 2006).

Comme nous l'avons observé, l'exemple ci-dessus illustre les interactions dans un processus de coopération, mais elles s'appliquent de la même manière à un processus de collaboration. L'aspect le plus important à prendre en considération à partir de la « *théorie des jeux* » dans un processus de coopération ou de collaboration entre les individus d'un groupe est

que « *c'est le jeu qui définit ce que font les joueurs* », parce que nous constituons l'environnement de chacun. C'est pour cette raison que les dynamiques d'interaction du groupe décrites ci-dessus, ainsi que la structure du processus d'interaction entre les individus du groupe sont tellement importantes pour la performance collective d'un groupe (Engel *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014).

2.4.1 Les interactions collaboratives et coopératives

Différents chercheurs montrent également que la distinction entre les processus de travail en groupe et le travail basé sur les tâches s'apparente fortement à la distinction entre la collaboration et la coopération. Dans ce contexte, la coopération et la collaboration peuvent être considérées comme deux formes d'interaction différentes. La collaboration est associée au travail de groupe, car elle est liée à l'interaction entre les individus d'un groupe. En revanche, la coopération et le travail basé sur les tâches sont caractérisés par le fait que les membres du groupe sont autonomes et indépendants (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Keast *et al.*, 2007 ; Roschelle et Teasley, 1995).

Dans la pratique, ces deux processus d'interaction entre les individus d'un groupe ne se manifestent pas nécessairement dans leurs formes pures, mais il existe plutôt un continuum du degré d'interaction (Bruffee, 1995). Ainsi, en mode coopératif le groupe peut diviser les tâches de façon individuelle, mais il peut également se diviser en sous-groupes (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Roschelle et Teasley, 1995), en donnant à chaque sous-groupe la possibilité de diviser les tâches de façon individuelle ou de se diviser encore une fois en sous-groupes ou encore en travaillant en collaboration dans le sous-groupe ; cette dynamique augmente la complexité des processus d'interaction collaborative et coopérative.

La combinaison de la coopération et de la collaboration est identifiée comme la capacité des individus à utiliser une de ces formes d'interaction en fonction de la nature des problèmes à résoudre (Keast *et al.*, 2007). Comme nous l'avons vu, plusieurs études montrent les implications de l'apprentissage collaboratif en général (Bruffee, 1995 ; Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Doise et Palmonari, 1984), mais sans faire la différence entre la dynamique des processus d'interactions collaboratifs et coopératifs et sans montrer à quel moment utiliser ces processus pour améliorer la performance d'un groupe. De manière spécifique, l'étude de l'impact de ces

deux formes d'interactions dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif est absente de la littérature scientifique.

2.5 Collaboration et coopération assistées par ordinateur

Il y a près de 30 ans, la théorie socioconstructiviste de Vygotsky (1978) incitait les chercheurs à explorer un nouveau domaine appelé « *apprentissage collaboratif assisté par ordinateur* », en essayant de montrer le potentiel que représentent les ordinateurs dans l'amélioration du processus collaboratif ou coopératif, en se demandant comment ce processus pouvait impacter l'apprentissage des individus impliqués dans une telle interaction (Stahl, 2002).

Dillenbourg et Fisher (2007) font référence à une abondante littérature qui montre que ces interactions collaboratives ou coopératives ne sont pas spontanées et requièrent une structuration des interactions afin de déterminer comment les connaissances seront construites par les individus d'un groupe, tout en suggérant que ces structures devraient prendre en considération les activités individuelles et collectives. Elles devraient également trouver un équilibre en ce qui concerne l'utilisation des technologies numériques, en incluant des activités avec ou sans l'utilisation d'un ordinateur (Dillenbourg et Fischer, 2007).

Dans la littérature, nous trouvons plusieurs études consacrées à la communication assistée par ordinateur et à sa relation avec la construction de connaissances entre des individus travaillant à distance (Littleton et Whitelock, 2005). Ces études supposent que les individus peuvent élaborer une compréhension partagée de la signification des énoncés pendant un processus d'interaction collaboratif ou coopératif (Dillenbourg *et al.*, 1995).

Plus spécifiquement, la collaboration ou la coopération assistée par ordinateur peut favoriser et faciliter l'interaction sociale entre les individus en vue de concevoir et de produire des solutions collectives (Underwood et Underwood, 2002), mais la plupart de ces études n'établissent pas de distinction claire entre collaboration et coopération ni d'existence d'un impact de ces deux formes d'interactions sur la solution collective. De manière générale, plusieurs chercheurs remarquent qu'en ce qui concerne la collaboration et la coopération

assistée par ordinateur, l'utilisation de ces termes est très vague dans la plupart des ouvrages de littérature scientifique (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Underwood et Underwood, 2002).

2.6 Synthèse

Ce chapitre met principalement l'accent sur l'importance du travail collectif d'un groupe d'individus, il signale les facteurs avec ou sans impact sur la performance collective du groupe. Dans tous les cas, ces facteurs sont liés aux dynamiques d'interactions et à la structure du groupe (la manière dont les individus d'un groupe travaillent ensemble), ils montrent que la performance collective du groupe est indépendante des caractéristiques individuelles (Woolley *et al.*, 2015 ; Woolley *et al.*, 2010). Ce chapitre souligne également l'intérêt des interactions collaboratives et coopératives assistées par ordinateur et leur impact sur la performance du groupe, ainsi que sur les individus le constituant (Dillenbourg et Fischer, 2007).

Tout au long de ce chapitre, la littérature scientifique nous a montré l'importance du travail collectif par opposition au travail individuel, et surtout l'importance de la structure des interactions au sein d'un groupe d'individus, mais, malheureusement, elle ne précise pas clairement l'impact d'une coordination et d'une organisation des deux formes d'interactions : collaboratives et coopératives, en s'y référant de façon très générale (Dillenbourg *et al.*, 1995 ; Underwood et Underwood, 2002).

Dans la partie IV, nous allons montrer comment contrôler les différents facteurs décrits ci-dessus affectant la performance d'un groupe.

Chapitre 3 : le produit de l'action collective

3.1 Introduction

Dans la littérature, à travers toutes les disciplines, nous trouvons différentes définitions croisées des termes créativité, innovation et invention. Nous avons déjà noté qu'à propos de cette recherche, il est essentiel de clarifier la différence entre invention et innovation. Dans ce contexte, nous définissons les trois termes comme suit : 1) la créativité est le processus consistant à avoir des idées originales qui ont de la valeur, en adaptant les critères d'originalité au contexte dans lequel le processus créatif se développe (Robinson, 2001). De cette façon, la créativité est l'acte qui consiste à canaliser l'imagination sur quelque chose de concret ; 2) l'invention est la création concrète d'un nouveau concept ou d'une nouvelle idée (De Bono, 1974), sans que l'on sache si elle correspond à une valeur sociale (ou, dans certains cas, à un marché) ou peut être perçue comme utile en vue d'être socialisée ; 3) l'innovation correspond justement à la socialisation des inventions ; il s'agit de transformer une invention en une réussite sociale et de promouvoir son utilisation généralisée (Frankelius, 2009).

Même si cette recherche utilise des éléments en rapport avec la créativité (génération des idées) et l'innovation (circulation des idées dans un groupe), elle est centrée sur l'invention, et donc sur la perception de nouveauté et la perception de l'utilité d'un artefact, qui dans le cas de ce travail est représenté de manière générale par la conception d'un artefact numérique d'apprentissage et, plus spécifiquement, par la conception des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

3.2 L'invention en tant que processus individuel

Au fil du temps, divers historiens et chercheurs ont tenté de comprendre le processus d'invention en faisant porter leur analyse sur de grands inventeurs à travers l'histoire (Crouch, 1989 ; Friedel et Israel, 2010 ; Gertner, 2013 ; Philip, 1985), mais il s'avère généralement difficile de séparer les compétences et les valeurs de l'inventeur individuel des facteurs inhérents à l'acte d'invention lui-même (Gorman et Carlson, 1990). Pour cette raison, certains chercheurs

ont essayé de trouver des modèles et styles tout en considérant l'invention comme un processus combinant l'imitation et l'amélioration progressive (Hughes, 2004).

Sur la base des études scientifiques précédentes, Gorman et Carlson (1990) considèrent l'invention comme un processus par lequel un inventeur combine des idées abstraites avec des objets physiques, ou ce qu'ils appellent des modèles mentaux avec des représentations mécaniques. Pour eux, les stratégies utilisées par un inventeur pour rassembler des modèles mentaux et des représentations mécaniques sont des éléments heuristiques.

Dans ce contexte, une composante du style d'un inventeur est son modèle mental. Le terme « *modèle mental* » est utilisé par les scientifiques cognitifs pour décrire les modèles que les gens ont d'eux-mêmes, des autres, de l'environnement et des choses avec lesquelles ils interagissent (Gorman et Carlson, 1990). En ce qui concerne la conception de nouvelles inventions, elles se produisent par l'interaction avec un système ; dans ce cas, les individus commencent à construire des modèles mentaux de ce système. Un individu, par l'interaction avec le système, continuera à modifier le modèle mental afin d'obtenir un résultat exploitable (Norman, 1984). Dans ce cas, un inventeur possède un modèle mental qui incorpore ses hypothèses sur la façon dont un appareil pourrait éventuellement fonctionner.

Dans le domaine de la sociologie, en essayant de proposer une théorie sur la façon dont les groupes sociaux participent à la conception de nouveaux artefacts, Bijker (2010) suggère que différents groupes peuvent posséder leurs propres cadres technologiques. Ces cadres sont constitués d'hypothèses, de valeurs, de procédures, de techniques et d'informations relatives à un artefact spécifique (Bijker *et al.*, 2012).

Dans la construction sociale d'une invention, les cadres technologiques des différents groupes peuvent se compléter ou entrer en conflit les uns avec les autres ; une nouvelle invention apparaît lorsque les groupes parviennent à se mettre d'accord sur un cadre technologique spécifique (Bijker *et al.*, 2012). Enfin, la littérature convient qu'une fois que nous avons avancé dans la compréhension du processus individuel d'invention, il faut comprendre que la façon dont un inventeur travaille et que ce qu'il invente sont profondément influencés par son environnement social, économique et culturel (Gorman et Carlson, 1990).

3.3 L'invention en tant que processus social

Au début des années 1980, Robert Allen inventait le terme « *invention collective* » en mentionnant la façon dont les entités concurrentes partagent leurs connaissances et à quel point ce processus était une source cruciale d'inventivité pendant les premières phases de l'industrialisation. Si l'on prend comme exemple le processus de fabrication de l'industrie des fours au milieu de l'ère industrielle, on observe que la température des fours a été augmentée progressivement à chaque fois qu'une entreprise construisait une nouvelle usine. Les avantages en termes de réduction de la consommation de carburant ont ensuite été rendus publics grâce à la correspondance personnelle, aux rencontres et aux publications dans les revues spécialisées (Allen, 1983 ; Cowan et Jonard, 2003).

Traditionnellement, l'histoire des inventions de l'ère industrielle se focalisait sur le potentiel d'imagination des inventeurs individuels. Donc, naturellement, la littérature scientifique a mis l'accent sur le système des brevets comme facteur principal facilitant l'invention (Nuvolari, 2004). La littérature tient peu compte de ce processus d'invention incrémentale décrit dans l'exemple ci-dessus, possible uniquement grâce à la coopération entre différents individus et différentes entités (Cowan et Jonard, 2003 ; Durkheim, 2014).

Les interactions complexes ont un impact sur la diffusion des idées, la formation des opinions et l'évolution du comportement coopératif et collaboratif (Pinheiro et Hartmann, 2017). Le processus de diffusion des idées dans les interactions coopératives et collaboratives joue un rôle essentiel, et comme il est bien connu que la structure des groupes affecte les résultats des processus dynamiques d'interaction (Barrat *et al.*, 2008 ; Duhigg, 2016 ; Nowak et May, 1992), il est important, dans le cadre de cette recherche et afin de mieux comprendre ce processus de diffusion, de faire la différence entre invention, nouveauté et innovation.

3.3.1 Invention, nouveauté et innovation

Sur la base des travaux de Cerisier (2014) et Loreto *et al.* (2016), nous avons bien relevé la différence entre invention et innovation, en leur ajoutant le terme de nouveauté. Ces trois notions peuvent être utilisées pour expliquer le processus d'invention et d'innovation de n'importe quel artefact au sein d'un groupe d'individus, quelle que soit la taille de ce groupe

(Loreto *et al.*, 2016). En ce qui concerne notre recherche, nous pouvons recourir à la même différenciation pour faciliter la compréhension de la circulation des idées dans un groupe collaboratif ou coopératif d'individus, quelle qu'en soit la taille. L'explication de ce processus passe par la présentation d'un modèle théorique, au chapitre 6 de cette partie, mais il est essentiel, avant cela, de comprendre la différence entre ces trois termes.

3.3.1.1 L'invention

L'invention est l'acte de création (Cerisier, 2014) d'une nouvelle idée ou d'un nouvel artefact, dans le cas d'une idée élaborée au sein d'un groupe. Ce processus de création est, dans la plupart des cas, individuel. Concernant la création d'un nouvel artefact, comme la création d'un artefact d'apprentissage, ce processus peut prendre la forme d'une création individuelle ou collective via un processus de collaboration ou de coopération. Dans le cas présent, l'idée ou l'artefact vient d'être créé : dans le premier cas, l'idée est nouvelle pour l'ensemble du groupe et, dans le deuxième cas, l'artefact peut être nouveau pour toute la société.

Loreto *et al.* (2016) cite pour exemple la création d'un nouvel article sur la plate-forme Wikipédia : cet article est nouveau pour tout le monde, et pourtant, dans notre définition, il s'agit d'une invention. Pareillement, au sein d'un groupe d'individus travaillant ensemble, au moment même où un individu crée une idée, elle est nouvelle pour l'ensemble du groupe, et donc il s'agit de l'invention d'une nouvelle idée pour le groupe.

3.3.1.2 La nouveauté

Une fois l'idée ou l'artefact créé, dans le premier cas, l'idée reste dans l'espace collectif du groupe ; dans le deuxième cas, l'artefact peut être disponible pour toute la société, mais cette invention peut également rester sans suite auprès des individus constituant le groupe, dans le cas d'une nouvelle idée, ou auprès des citoyennes et des citoyens composant la société, dans le cas d'un artefact. Ce processus individuel de découverte d'une invention est appelé nouveauté (Loreto *et al.*, 2016) ; dans le premier exemple, il s'agit d'une idée nouvelle pour un individu et dans le deuxième, au moment où un individu découvre un artefact, il représente une nouveauté.

Loreto *et al.* (2016) mentionne pour exemple le processus de découverte des chansons sur une plate-forme de distribution de musique. Dans ce cas-ci, les chansons ont déjà été créées

par un ou plusieurs individus, et elles se trouvent dans l'espace collectif de la plate-forme ou de la société en général. Quand un individu découvre la chanson, elle représente une nouveauté pour lui, même s'il découvre la chanson longtemps après sa création ou son invention. Le même exemple peut être appliqué à la découverte de nouvelles idées au sein d'un groupe ; dans ce cas, il s'agit alors du moment où l'idée qui a été inventée est découverte par un individu du groupe.

3.3.1.3 L'innovation

Dans le contexte décrit ci-dessus, les idées ou les artefacts inventés peuvent être découverts par un ou plusieurs individus sans qu'ils s'approprient l'idée ou l'artefact inventé en l'absence d'une perception d'utilité de l'idée ou de l'artefact découvert (Sarkar et Chakrabarti, 2011). Comme nous l'avons observé auparavant, l'innovation renvoie à la socialisation des inventions (Cerisier, 2014), et donc à l'appropriation individuelle des nouveautés, une fois découvertes par l'individu.

Dans l'exemple des chansons proposées sur une plate-forme de distribution de musique, l'individu peut découvrir une nouvelle chanson grâce à un processus de socialisation de la chanson dans un groupe d'individus ; dans ce cas, l'individu en question va s'approprier la chanson ou va l'abandonner. Ce processus de socialisation de la chanson est appelé innovation (Cerisier, 2014). Dans le cas d'un artefact, une fois l'artefact inventé, il peut être découvert par un ou plusieurs individus ; l'innovation renvoie au processus d'appropriation de cet artefact via un processus de socialisation parmi les individus qui découvrent l'artefact.

En ce qui concerne les artefacts numériques d'apprentissage, cette recherche porte sur deux premiers processus : l'invention et la nouveauté. Plus spécifiquement, nous nous intéressons au processus d'invention et de nouveauté d'un manuel scolaire numérique d'histoire, artefact choisi comme exemple pour réaliser cette recherche. Néanmoins, les trois processus décrits ci-dessus sont utilisés dans le cadre théorique pour mieux comprendre la circulation des idées au sein d'un groupe d'individus chargé de concevoir une solution à un problème donné.

3.4 Mesurer l'invention

Comme nous l'avons vu, les brevets liés au processus d'invention dans la conception de nouveaux artefacts sont très importants dans la littérature (Nuvolari, 2004). Les offices de

brevets de nombreux pays font appel à des experts pour déterminer principalement la « *perception de nouveauté* », « *la perception d'utilité* » et « *l'évidence* » d'une invention jointe à une demande de brevet. Ce processus vise principalement à déterminer si l'invention est nouvelle et utile ou non, et non le degré de perception de nouveauté et de perception d'utilité de l'invention en question. Sarkar et Chakrabarti (2011) suggèrent que la détermination du degré de perception de nouveauté et de perception d'utilité est essentielle pour identifier les différences incrémentales d'un artefact inventé à l'autre.

En ce qui concerne la mesure de l'invention, comme dans le cas des offices de brevets, une grande partie de la littérature se concentre uniquement sur la mesure de la perception de nouveauté, en essayant de déterminer si un artefact est nouveau ou pas par rapport à ce qui existait avant l'invention de celui-ci (Sarkar et Chakrabarti, 2011). Certains chercheurs focalisent leurs méthodes en se limitant principalement à la perception de nouveauté esthétique, en concentrant ces méthodes par rapport aux questions suivantes : 1) combien de fois des modèles similaires ont-ils été expérimentés ? 2) Dans quelle mesure ces modèles ont-ils été similaires ? Et 3) comment ces modèles ont-ils été expérimentés récemment ? (Saunders, 2002).

D'autres chercheurs focalisent leur attention sur l'efficacité du processus de génération d'idées. Ils évaluent les fonctions qu'un artefact ou une idée satisfont, puis ils classent et dénombrent les idées de solution distinctes par rapport aux connaissances antérieures (Shah et Vargas-Hernandez, 2003). Dans le même sens, certains chercheurs ajoutent des niveaux de similitude pour comparer l'artefact : López-Mesa et Vidal (2006) proposent par exemple de comparer les artefacts en fonction de leur fonction, de leur structure conceptuelle et de leur structure détaillée. Dans ce contexte, l'invention est la contribution différentielle entre les valeurs projetées de l'artefact et les valeurs projetées de l'état de l'art antérieur (Redelinghuys, 2000).

D'autres chercheurs ont développé des méthodes plus complexes basées sur la « *théorie de résolution des problèmes inventifs* » (Altshuller, 1996), avec le souci de développer des méthodes qui tiennent compte du niveau de perception de nouveauté d'un artefact, en comparant les fonctionnalités ou caractéristiques du nouvel artefact avec les artefacts précédents (Sarkar et Chakrabarti, 2011). Dans sa théorie, Altshuller (1996) classait la conception de solutions sur cinq niveaux : 1) les problèmes de conception de routine, sans l'apport des éléments inventifs,

2) les améliorations mineures, 3) les améliorations fondamentales, 4) une nouvelle génération utilisant un nouveau principe et 5) une découverte scientifique rare ou une invention pionnière (Altshuller, 1996).

Un autre modèle de classification très utilisé est le « *modèle Fonction-Comportement-Structure* », où la « *Fonction* » décrit ce qu'un artefact produit ; il est intentionnel et possède un niveau d'abstraction plus élevé que le comportement. Le « *Comportement* » décrit comment un artefact remplit sa fonction. Et enfin, la « *Structure* » est décrite par les éléments et les interfaces avec lesquels le système et son environnement d'interaction immédiat sont construits (Chakrabarti *et al.*, 2005).

Sarkar et Chakrabarti (2011) proposent un modèle de mesure de l'inventivité d'un artefact qui combine la « *théorie de résolution des problèmes inventifs* » (Altshuller, 1996) et le « *modèle Fonction-Comportement-Structure* » (Chakrabarti *et al.*, 2005) en ajoutant la perception d'utilité d'un artefact. Ce modèle est utilisé dans le cadre méthodologique de cette recherche et est décrit de manière plus détaillée dans la partie IV.

3.5 La collaboration, la coopération et l'invention collective

Comme nous l'avons fait observer plusieurs fois, il existe très peu d'études scientifiques dans la littérature qui établissent un lien entre les impacts des interactions collaboratives et coopératives réalisées au sein d'un groupe sur l'invention collective. Sans faire de distinction explicite entre coopération et collaboration, Berg (2016) est l'un de derniers chercheurs à essayer de répondre à cette question de façon générale.

Berg (2016) remarque que dans le processus de génération d'idées à l'intérieur d'un groupe, il y a deux types d'individus : 1) les créateurs qui trouvent de nouvelles idées et 2) les évaluateurs qui les évaluent. Dans sa recherche, Berg (2016) constatait que les créateurs étaient trop amoureux de leurs propres idées, de même que les évaluateurs avaient quant à eux tendance à dédaigner les idées trop nouvelles.

Un créateur solitaire pourrait tomber amoureux d'idées qui ne sont pas largement populaires auprès du groupe, mais un groupe d'évaluateurs rejettera tout ce qui est trop nouveau. La composition idéale correspond à un groupe de créateurs qui sont également des évaluateurs ;

ils créent, puis évaluent, puis retournent à la création (Berg, 2016). Dans ce contexte, si nous reprenons les termes de collaboration et de coopération, les créateurs et les évaluateurs représentent deux sous-groupes coopératifs dans l'ensemble du groupe. De manière générale, le travail de Berg (2016) illustre bien la problématique dans laquelle se trouve cette recherche : l'impact de la collaboration et de la coopération dans le processus d'invention collective.

En ce qui concerne le système éducatif et, plus spécifiquement, la conception d'artefacts numériques d'apprentissage tel que le manuel scolaire numérique, nous ne trouvons pas dans la littérature d'études mettant en relation ces trois variables. La plupart des études dans le milieu éducatif se concentrent sur la collaboration ou la coopération au sein d'un groupe, sans établir de distinction claire entre les deux processus, et leur impact respectif sur l'apprentissage des individus (Stahl, 2002). Quant à l'invention collective, depuis Vygotsky (1978) et la « *théorie socioconstructiviste* », la plupart des études font le lien entre le travail en groupe en général et la créativité ou l'inventivité. Les résultats de ces études sont très contradictoires, certaines d'entre elles montrant que la collaboration pourrait créer des « *chambres d'écho* » et impacter négativement la créativité ou l'inventivité (Bowker *et al.*, 2017 ; Cocu *et al.*, 2015), d'autres signalant une corrélation positive entre le travail en groupe et la créativité ou l'inventivité (Roque *et al.*, 2016). Le problème est que la majeure partie de la littérature explorant l'impact du travail en groupe sur l'invention n'établit pas de distinction entre les différentes structures de travail au sein d'un groupe, format qui comme nous l'avons vu est un facteur important sur la performance d'un groupe (Duhigg, 2016 ; Engel *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014).

3.6 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons établi des distinctions entre invention, nouveauté et innovation, d'un côté afin de préciser que cette recherche s'attache aux deux premières notions pour la conception d'artefacts numériques d'apprentissage, à savoir, en ce qui nous concerne, un manuel scolaire numérique d'histoire, de l'autre côté afin de mieux comprendre comment les idées circulent au sein d'un groupe d'individus. Nous avons également évoqué les théories qui essaient de mesurer le niveau d'invention d'artefacts en général et enfin, nous avons mis en relation l'invention et les deux autres variables auxquelles s'intéresse notre recherche : la

collaboration et la coopération, en constatant l'existence d'un vide dans la littérature scientifique en ce qui concerne l'impact de la collaboration et de la coopération sur l'invention collective en général et, plus spécifiquement, sur la conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif.

Maintenant que nous avons acquis une compréhension plus approfondie des processus d'interaction collaboratif et coopératif, ainsi que du processus d'invention collective par rapport à la problématique et aux hypothèses de ce travail, le chapitre suivant va nous permettre d'explorer la littérature scientifique concernant la théorie des réseaux et le rôle des « *objets-valises* » et des « *objets-frontières* » (Flichy, 2003) dans un groupe d'individus, compte tenu du fait que, dans le cadre de cette recherche, un artefact numérique d'apprentissage est représenté dans le système éducatif à la fois comme un « *objet-valise* » et comme un « *objet-frontière* ».

Chapitre 4 : les objets-frontières et la théorie des réseaux

4.1 Introduction

Le terme d'« *objet-frontière* », introduit pour la première fois par Susan Leigh Star et James Griesemer en 1989, est un outil théorique qui a été adopté par de nombreux chercheurs pour leur permettre de mieux comprendre comment les différents individus composant un groupe collaborent ou coopèrent à la conception d'un objet ou d'un projet spécifique, malgré leurs divergences souvent conflictuelles (Star et Griesemer, 1989).

Comme nous l'avons vu jusqu'à présent, pour comprendre un groupe d'individus, nous ne devrions pas regarder l'individu, mais plutôt ses connexions ou ses interactions dans le groupe (Engel *et al.*, 2014). C'est la raison pour laquelle quand un groupe ou un réseau devient de plus en plus grand, les individus qui le composent commencent à penser que leurs opinions sont consensuelles à l'intérieur de ce groupe. La littérature montre que cela est dû à leurs connexions et non pas au contenu de leurs points de vue (Lerman *et al.*, 2016).

Dans ce chapitre, nous passons en revue la littérature concernant le terme d'« *objet-frontière* » et son rôle dans le système éducatif et plus spécifiquement son lien avec les artefacts d'apprentissage de ce système. Nous allons ensuite connecter ce terme à la « *théorie des réseaux* » pour essayer de mieux comprendre les dynamiques d'interaction au sein d'un groupe d'individus, en essayant de faire le lien avec les deux chapitres précédents.

4.2 Les objets-frontières

Comme indiqué dans l'introduction de ce chapitre, le terme « *objet-frontière* » a été introduit pour la première fois par Star et Griesemer en 1989 qui se servent d'un article sur la structure du musée de la zoologie des vertébrés, l'objectif de l'article étant de reconnaître que le travail scientifique est hétérogène et que sa réussite dépend d'une collaboration ou une coopération entre les différents acteurs du milieu scientifique. L'article montrait également que chaque acteur du système aborde le projet du groupe avec des préoccupations qui diffèrent en fonction de l'environnement social qui était le sien. Dans ce contexte, Star et Griesemer (1989) affirmaient que la capacité de ces acteurs hétérogènes à collaborer ou à coopérer sur le projet

dépendait de deux facteurs : l'élaboration de normes dans le groupe et la création d'« *objets-frontières* ».

Un « *objet-frontière* » est un objet qui fait partie de plusieurs « *mondes sociaux* » et qui facilite la communication entre eux, il a une identité différente dans chaque « *monde social* » qui est le sien ; en conséquence, un « *objet-frontière* » doit être à la fois concret et abstrait, fluide et bien défini (Star et Griesemer, 1989). Certains des objets frontière cités dans l'article proposé par Star et Griesemer (1989) concernent des spécimens, des notes de terrain, des formulaires standardisés et même l'État de la Californie. Ainsi, tous les exemples appartiennent à un contexte particulier dans le cadre d'un projet du musée de la zoologie des vertébrés.

L'extension du concept d'« *objet-frontière* » au-delà de ce contexte présente un vaste éventail d'« *objets-frontières* » potentiels, mais chaque « *objet-frontière* », dans tout système, doit refléter les préoccupations de chaque individu ou sous-groupe à l'intérieur du système (Flichy, 2003 ; Star et Griesemer, 1989).

4.2.1 La nature des objets-frontières

Le concept de communauté de pratique désigne chaque « *monde social* » à l'intérieur d'un système. Au sein d'une communauté de pratique, certains objets deviennent « *naturalisés* », ils sont communément utilisés par les individus d'un « *monde social* » de telle sorte que leur fonction devient transparente, ce qui signifie que ces objets sont tenus pour acquis par ces individus (Bowker et Star, 2000). Les « *objets-frontières* » peuvent être compris comme des objets qui ne sont pas entièrement naturalisés par une communauté de pratique ou un « *monde social* ». Au contraire, ils découlent de situations où deux ou plusieurs « *mondes sociaux* » différemment naturalisés entrent en collision (Bowker et Star, 2000).

Bowker et Star (2000) considèrent qu'il est possible de concevoir des « *objets-frontières* ». Selon eux, la plupart des « *objets-frontières* » apparaissent comme une solution aux problèmes qui surviennent lorsque des individus de « *mondes sociaux* » différents doivent interagir les uns avec les autres. Cependant, il est théoriquement possible de concevoir des artefacts avec l'intention explicite de les voir servir d'« *objets-frontières* » pour faciliter les interactions entre les individus des différents « *mondes sociaux* ». Dans cette optique, les modèles éducatifs progressifs, ainsi que les tentatives visant à concevoir des systèmes

d'information largement accessibles, peuvent être compris comme des essais de conception d'« *objets-frontières* » (Bowker et Star, 2000).

Comme nous l'avons remarqué, il est impossible de traiter d'« *objet-frontière* » sans tenir compte du contexte dans lequel il est intégré. Les « *objets-frontières* » doivent être observés à l'intérieur de leur contexte propre (Bowker et Star, 2000). Les « *objets-frontières* » étant ancrés dans un contexte social très particulier, ils sont également situés au croisement de relations de pouvoir très spécifiques ; ainsi, les « *objets-frontières* » ne peuvent jamais être neutres (Bowker et Star, 2000 ; Star, 2010). De cette façon, la création ou la re-conception d'un « *objet-frontière* » peut être considérée comme une tentative d'intervention hégémonique dans le système (Huvila, 2011).

Pour résumer, les « *objets-frontière* » sont intégrés dans des réseaux d'interactions sociales complexes. Leur fonction est en grande partie le produit de leur localisation au sein de ces réseaux et ils sont façonnés par la dynamique de la puissance au sein du réseau.

4.2.2 Les objets-valises et les objets-frontières

Flichy (2003) ajoute une strate intéressante au terme d'« *objet-frontière* » avec celui d'« *objet-valise* ». L'« *objet-valise* » est un artefact dans lequel chacun des acteurs investit ses propres utopies ; c'est le stade de « *fascination* » de l'acteur par rapport à l'artefact contenant toutes ses suppositions. Une fois que l'acteur passe de l'utopie à la réalité, il construit dans son « *objet-frontière* » (Flichy, 2003). Ainsi la collaboration ou la coopération entre les différents acteurs d'un groupe ne sera possible que s'il y a cette « *traduction* » de l'« *objet-valise* » à l'« *objet-frontière* » (Flichy, 2001).

Selon Flichy (2003), ces « *utopies techniques* » ne correspondent ni à la réalité ni à des prévisions, mais elles prennent part au processus de construction de l'« *objet valise* » sur lequel chaque individu venant d'un « *monde social* » différent projette ses rêves. La traduction d'un « *objet-valise* » en « *objet-frontière* » dépendra du contexte où l'« *objet-valise* » est placé. Ainsi, dans le cas de la création ou re-conception d'un artefact, nous pouvons déterminer qu'au début du processus de création ou de conception, les individus vont travailler avec un « *objet-valise* » et c'est à travers le processus de collaboration ou de coopération au sein du groupe que cet « *objet-valise* » se « *traduira* » en un « *objet-frontière* ».

Il faut remarquer que pour Flichy (2003), ce passage d'« *objet-valise* » à « *objet-frontière* » s'opère dans l'imaginaire des individus et de l'ensemble du groupe, alors que l'« *objet-frontière* » est encore en construction et que, dans ce contexte, chaque individu dans le groupe a sa propre représentation de l'« *objet-valise* ». Par conséquent, le concept d'« *objet-valise* » et d'« *objet-frontière* » témoigne du processus de coopération ou de collaboration entre individus de « *mondes* » différents autour d'une situation donnée, ces individus pouvant appartenir au même système.

Comme les « *objets-frontières* » doivent s'analyser dans leur contexte, la différenciation établie par Flichy (2003) entre « *objet-valise* » et « *objet-frontière* » convient très bien au contexte éducatif ; elle nous permet d'analyser les artefacts d'apprentissage comme des « *objets-valise* » qui pourront devenir des « *objets-frontière* ». Cette analyse peut être réalisée à différents niveaux, soit à un niveau d'utilisation et de socialisation d'un artefact d'apprentissage, soit à un niveau de création ou de conception de cet artefact d'apprentissage.

4.3 Les objets-frontières et le système éducatif

Dans le système éducatif, le terme d'« *objet-frontière* » s'applique en général à différents contextes tels que les communautés de pratique (Wenger, 1998), l'écart entre l'apprentissage de l'enseignement à l'université et les pratiques d'enseignement au contact des élèves (Anagnostopoulos *et al.*, 2007), l'éducation à distance ou le rôle des artefacts d'apprentissage dans l'enseignement des mathématiques (Kazemi et Hubbard, 2008).

En ce qui concerne l'activité ou le processus de conception, la littérature fait état de l'utilisation de ce terme dans la conception d'artefacts en général, par exemple en analysant la place des représentations visuelles dans les interactions entre les différents acteurs impliqués dans le processus de conception (Henderson, 1998), mais ces recherches se focalisent sur les interactions dans le processus de conception sans faire de différence entre interactions coopératives et interactions collaboratives, sans analyser les répercussions de ces deux processus d'interaction sur l'« *objet-frontière* » ou la « *traduction* » de l'« *objet-valise* » en « *objet-frontière* ». La littérature fait défaut concernant spécifiquement la conception d'artefacts d'apprentissage dans le système éducatif ; elle se concentre surtout sur les interactions et le rôle des « *objets-frontières* » dans le processus d'enseignement-apprentissage.

Ainsi, dans le système éducatif, les artefacts d'apprentissage peuvent être considérés comme des « *objets-valises* » ou des « *objets-frontières* » si chaque acteur du système éducatif est vu comme issu d'un « *monde social* » distinct (Bowker et Star, 2000). Selon certains chercheurs, pour qu'un artefact d'apprentissage devienne un « *objet-frontière* », il faut qu'il y ait à la base une intention de construction de la part des individus composant le groupe d'interaction (Vinck, 2009); selon d'autres chercheurs, tous les artefacts d'apprentissage relevant de plusieurs activités sont susceptibles de devenir des « *objets-frontières* » (Wenger, 1998).

4.3.1 Les artefacts numériques d'apprentissage vus comme objets-valises et comme objets-frontières

Les artefacts numériques d'apprentissage sont destinés à connecter différents « *mondes sociaux* ». Les notions « *objet-valise* » et « *objet-frontière* » sont particulièrement appropriées puisque ces artefacts nécessitent l'intervention de plusieurs acteurs venant de « *mondes* » différents tels que les développeurs, graphistes, pédagogues, inspecteurs, enseignants, administratifs, apprenants, parents, etc. C'est dans le processus de conception d'un artefact d'apprentissage que l'artefact devient un « *objet-frontière* », parce l'artefact fait entrer en collision différents « *mondes sociaux* » propres au système éducatif.

Ainsi, sur la base de la littérature scientifique, nous pouvons considérer qu'un artefact numérique d'apprentissage est susceptible de passer d'« *objet-valise* » à « *objet-frontière* » s'il est 1) modulable, c'est-à-dire constitué de différentes parties permettant son application dans différentes situations ; 2) abstrait, dans la mesure où cette qualité lui permet d'avoir différentes représentations ; 3) polyvalent, car pouvant être utilisé dans plusieurs activités et 4) standardisé, dans la mesure où l'information qu'il véhicule peut être interprétée facilement et permettre à chaque acteur de l'utiliser dans son « *monde social* » (Bowker et Star, 2000 ; Star, 2010).

D'autres chercheurs suggèrent d'approfondir d'autres caractéristiques à prendre en considération comme la construction des « *objets-frontières* » (Granjou et Mauz, 2009), leur utilisation et leur appropriation, ou même les identités des acteurs à travers des « *objets-frontières* » (Meyer, 2009).

Si nous reprenons la distinction établie entre un « *objet-valise* » et un « *objet-frontière* » (Flichy, 2003), en créant un lien avec le contexte et la problématique de cette recherche décrite dans la partie II, nous pouvons observer qu'en ce qui concerne les attentes fondées sur les artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif, ils peuvent être considérés comme des « *objets-valises* » plutôt que comme des « *objets-frontières* », puisqu'ils ont échoué à « *traduire les rêves* » des concepteurs de ces artefacts en vue de transformer l'expérience d'apprentissage (Cuban, 2001, 2008 ; Reich et Ito, 2017 ; Tricot, 2017).

Concernant spécifiquement le processus de conception des artefacts numériques d'apprentissage, la différentiation de Flichy (2003) s'applique différemment puisque nous devons adapter les termes d'« *objets-valises* » et d'« *objets-frontières* » au contexte (Bowker et Star, 2000). Comme nous l'avons déjà remarqué, dans le processus de conception de ces artefacts numériques d'apprentissage, au début du processus de conception, l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir est un « *objet-valise* » qui, une fois conçu via un processus de coopération et de collaboration, deviendra un « *objet-frontière* » pour le groupe de conception.

4.3.1.1 Le manuel scolaire numérique vu comme un objet-valise et un objet-frontière

En ce qui concerne l'artefact numérique d'apprentissage choisi dans le cadre de cette recherche, la littérature considérant en général le manuel scolaire comme un « *objet-frontière* » est très limitée, et elle est surtout centrée sur l'artefact lui-même, s'exposant à la même observation que celle que nous avons faite ci-dessus à propos des artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif : en général, le manuel scolaire numérique représente un « *objet-valise* » plutôt qu'un « *objet-frontière* » car ne parvenant pas à traduire les attentes en termes de transformation que pourraient apporter les nouvelles technologies numériques (Bruillard, 2005 ; Leroy, 2012 ; Séré et Bassy, 2010).

En ce qui concerne le processus de conception du manuel scolaire numérique, vu qu'il implique différents acteurs du système éducatif (Gérard et Roegiers, 2009), chacun ayant ses propres représentations (Leroy, 2012), il serait intéressant d'analyser comment, au cours de son processus de conception, un manuel scolaire numérique passe du statut d'« *objet-valise* » à celui d'« *objet-frontière* ». Malheureusement, la littérature scientifique est muette en ce qui concerne ce processus de création ou de conception.

4.4 La théorie des réseaux

Ainsi que nous l'avons noté, un « *objet-frontière* » vise à créer un consensus entre des individus ayant des vues ou des représentations différentes sur l'« *objet-frontière* » au sein du groupe (Star, 2010). Dans ce contexte, pour mieux comprendre un groupe d'individus, nous devons regarder non pas l'individu lui-même, mais ses connexions au sein du groupe. Ainsi, dans un groupe, les individus pensent habituellement que leurs opinions ou leurs représentations sont toujours consensuelles en raison de leurs connexions : certains chercheurs appellent ce phénomène l'« *illusion de la majorité* » (Lerman *et al.*, 2016).

Pour cette raison, il est intéressant de faire le lien entre le concept d'« *objet-frontière* » et la « *théorie des réseaux* » ; ce lien va nous aider à mieux comprendre les interactions collaboratives et coopératives et leur relation avec les « *objets-valises* » et les « *objets-frontières* » au sein d'un groupe d'individus.

Avant de continuer, il convient de noter que nous avons choisi d'écarter d'autres approches dans le cadre de cette recherche, notamment en lien avec l'analyse des réseaux.

Ainsi, nous pouvons citer la théorie du « *Knowledge Building* », qui a été développée par Bereiter et Scardamalia (2003) pour décrire ce qu'une communauté d'apprenants doit accomplir afin de créer des connaissances. Bereiter et Scardamalia (2003) définissent le développement des connaissances (« *Knowledge Building* ») comme la création, l'essai et l'amélioration d'artefacts conceptuels.

Cette théorie est plus centrée sur le développement de la connaissance que sur le processus d'apprentissage. Bereiter et Scardamalia (2003) considèrent l'apprentissage comme un processus interne, qui entraîne des changements de croyances, d'attitudes et de compétences et le « *Knowledge Building* » comme créant ou modifiant la connaissance d'une communauté.

La théorie du « *Knowledge Building* » fait référence au processus de création de nouveaux artefacts cognitifs résultant d'objectifs communs, de discussions de groupe et de la synthèse d'idées, nous aidant à comprendre l'évolution des connaissances des individus au sein d'un groupe.

Inspirés par cette théorie, plusieurs chercheurs ont développé des outils pour décrire indistinctement si un groupe est en train de collaborer ou coopérer (d'interagir) ou pas avec la mise en commun de leurs connaissances et le développement des idées des individus, c'est le cas de l'outil « *Knowledge Connections Analyzer* » (KCA) (Van Aalst *et al.*, 2012), de l'outil « *Knowledge Space Visualizer* » (KSV) qui sert à visualiser et à analyser le discours en ligne, (Teplovs, 2008) ou des adaptations de ces outils pour visualiser la cohésion d'un groupe (Reffay et Teplovs, 2011).

La théorie du « *Knowledge Building* » a le potentiel d'apporter des éléments très intéressants à notre recherche, mais elle risque de complexifier nos objectifs en lien avec le processus de conception et la méthode de conception que nous proposons. Pour cette raison, nous avons choisi, en étant conscients des risques de simplification, de ne pas aborder l'évolution des connaissances des individus d'un groupe et de ne pas procéder à l'analyse des idées individuelles. Il convient donc de signaler que nous avons décidé de ne pas nous intéresser à l'apprentissage des individus ni à la génération de connaissances des individus d'un groupe.

Ainsi, cette recherche se concentre-t-elle uniquement sur les dynamiques de travail (comment les individus d'un groupe travaillent ensemble) dans un processus de conception, en nous concentrant plus spécifiquement sur le travail collaboratif et coopératif. C'est la raison pour laquelle, nous avons intégré la théorie des réseaux (qui est plus centrée sur les interactions des individus d'un groupe) à ce travail.

4.4.1 Les connexions entre les individus au sein d'un groupe

Au début du 20^{ème} siècle, Georg Simmel (1971) a contribué au développement de l'analyse des réseaux sociaux. En particulier, il a souligné la distinction entre : 1) la forme ou la structure des relations sociales (la structure du réseau) et 2) leur contenu (les catégories et les attributs). Les dernières recherches dans ce domaine suggèrent que nous n'avons pas besoin d'analyser le contenu des interactions d'un groupe pour comprendre la circulation des idées ou les comportements au sein du groupe (Pentland, 2015 ; Waber *et al.*, 2010). D'autres chercheurs tentent de comprendre quand et comment les individus interagissent, en concentrant leur attention sur le processus des interactions plutôt que sur celui des explications, conflits ou négociations liés au contenu de ces interactions (Baker, 2002).

Nous pouvons identifier trois types différents de connexions entre individus au sein d'un groupe : 1) les connexions directionnelles, où la relation entre deux individus à l'intérieur d'un groupe va dans un sens ; 2) les connexions bidirectionnelles, où la relation entre deux individus a deux sens et 3) les connexions pondérées, déterminées par différents facteurs, tels que la quantité d'interactions entre deux individus dans un groupe, le niveau de confiance ou de proximité entre deux individus (Granovetter, 1977).

Mais les individus au sein d'un groupe n'observent pas seulement les autres individus, ils les imitent (Pentland et Heibeck, 2010). Ce processus de « *contagion* » peut être positif ou négatif à l'intérieur d'un groupe spécifique comme par exemple, dans les cas de tabagisme, de vote aux élections, d'expression d'idées ou d'opinions. Tous les niveaux de collaboration et de coopération sont « *contagieux* » (Christakis et Fowler, 2009) quel que soit leur contexte (O'Carroll et Potter, 1994 ; Towers *et al.*, 2015). Cet effet « *contagieux* » entre les individus d'un groupe est appelé par les scientifiques « *cascade d'informations* » (Christakis et Fowler, 2009).

4.4.2 La diffusion des idées dans un groupe

La plupart des idées émises à l'intérieur d'un groupe ne se propagent pas comme les virus dans une société. Pour la diffusion de croyances et de comportements individuels, les individus doivent être « *exposés* » plus d'une fois au processus de « *contagion* » au sein du groupe pour être « *infectés* » (Christakis et Fowler, 2009). La littérature scientifique a trouvé une nouvelle manière de décrire comment les idées et les comportements individuels évoluent à l'intérieur d'un groupe ; ce processus est appelé « *contagions complexes* », il est issu de la « *théorie de la contagion complexe* » (Centola et Macy, 2007 ; Granovetter, 1977 ; Sprague et House, 2017 ; Watts, 2004).

Nous pouvons identifier différents types de « *contagions* » entre les individus d'un groupe, quel que soit la taille de celui-ci : 1) une contagion aléatoire, où lorsque les individus sont exposés à une « *contagion* », cette exposition ne garantit pas qu'ils seront « *infectés* » ; dans ce cas, cela ne fait que la rendre probable ; 2) dont les seuils sont basés sur différentes probabilités de « *contagion* » calculées à partir des points de vue et des croyances des individus ; 3) dans une écologie des « *contagions* », où il existe une probabilité de « *contagions* » multiples,

chacune avec des seuils différents et 4) des « *contagions* » qui mutent et évoluent ; dans ce cas, les idées ne passent pas entièrement d'un individu à l'autre, comme un virus. Au fil du temps, les idées « *évoluent* », devenant plus accrocheuses, copiables et contagieuses (Christakis et Fowler, 2009 ; Granovetter, 1977).

Tandis que plus de connexions entre les individus d'un groupe favorisent la diffusion d'idées simples, plus de connexions peuvent également nuire à la propagation d'idées complexes, selon un phénomène que les chercheurs appellent la « *pensée unique* » (Janis, 1971) ou, plus récemment, la « *chambre d'écho* », terme que nous utilisons dans le cadre de cette recherche. Quand les individus d'un groupe sont trop étroitement liés, ils deviennent résistants aux idées complexes qui défient leurs croyances ou leurs opinions (Janis, 1971).

Dans ce contexte, la structure devient un facteur très important, où les processus d'interactions collaboratives et coopératives jouent un rôle essentiel (Christakis et Fowler, 2009).

4.4.3 Connexions, contagions et groupes de collaboration et de coopération

Comme nous l'avons vu précédemment, s'il y a trop peu de connexions entre les individus d'un groupe, une idée spécifique ne peut pas se propager au sein du groupe ; mais s'il y a trop de connexions dans le groupe, les individus risquent de créer une ou plusieurs « *chambres d'écho* » ou une « *pensée unique* » (Janis, 1971).

Dans la littérature, le nombre de connexions entre les groupes est appelé « *capital social d'accointances* ». Ce processus de connexion entre groupes ou sous-groupes est important dans un réseau d'individus, car il aide les groupes à sortir de leurs « *chambres d'échos* ». Un réseau ou un groupe en « *bonne santé* » a besoin d'un lien étroit entre les individus d'un groupe et de « *ponts* » entre les groupes (Christakis et Fowler, 2009).

Les chercheurs disposent actuellement d'une définition mathématique de ce processus à l'intérieur et à l'extérieur d'un groupe ; cet équilibre est appelé « *le réseau du petit monde* » (Watts et Strogatz, 1998). Ce mélange optimal de « *liaison* » à l'intérieur du groupe et de « *pontage* » à l'extérieur du groupe est lié au niveau de collaboration et de coopération des individus à l'intérieur et à l'extérieur d'un groupe et a permis aux chercheurs de décrire

différents phénomènes dans différents contextes, donnant ainsi à mieux comprendre comment les neurones sont connectés dans le cerveau (Bassett et Bullmore, 2006) ou comment un groupe d'individus peut favoriser la créativité collective du groupe (Uzzi et Spiro, 2005), ainsi que son propre processus de résolution des problèmes (Pentland, 2015).

Encore une fois, le problème est que la littérature ne fait pas de distinction explicite entre les processus de collaboration et de coopération à l'intérieur d'un groupe ou d'un réseau. Baker (2015) fait une distinction intéressante entre les deux processus quand il propose une théorisation de l'activité collaborative dans le domaine de l'apprentissage collaboratif. Quand il se réfère à la collaboration, il parle d'une représentation partagée du problème à résoudre entre les individus au sein d'un groupe (Baker, 2015). Si nous prenons la définition d'« *objet-frontière* » (Bowker et Star, 2000 ; Star, 2010) susmentionnée, nous pouvons considérer que pour Baker (2015), le problème à résoudre dans un processus de collaboration n'est pas considéré comme un « *objet-frontière* ». Mais il fait une remarque importante sur l'importance des statuts des individus dans le groupe : par exemple, un étudiant a un statut différent d'un enseignant, avec une incidence sur les interactions entre les deux.

Dans le cadre de cette recherche, selon les définitions d'« *objet-valise* » (Flichy, 2003) et d'« *objet-frontière* » (Bowker et Star, 2000 ; Star, 2010) fournies par la littérature, nous pouvons considérer que le problème à résoudre est un « *objet-valise* » et que la conception de la solution à travers un processus de « *liaison* » à l'intérieur du groupe et de « *pontage* » à l'extérieur du groupe (Watts et Strogatz, 1998) est un « *objet-frontière* ». Mais, dans ce contexte, la littérature scientifique ne montre pas spécifiquement la relation entre les processus de coopération et de collaboration à l'intérieur d'un groupe et le passage d'un « *objet-valise* » à un « *objet-frontière* ».

4.5 Synthèse

En conclusion, nous avons vu combien il importe de distinguer un « *objet-valise* » d'un « *objet-frontière* » (Flichy, 2003) et comment la théorie des réseaux peut nous permettre de mieux comprendre le passage d'un « *objet-valise* » à un « *objet-frontière* » grâce à un processus de « *contagions* » et de « *connexions* » (Christakis et Fowler, 2009). À l'instar des neurones qui transmettent des signaux dans un cerveau, les individus d'un groupe transmettent des croyances

et des comportements. Les individus influencent non seulement d'autres individus dans le même groupe, mais également les individus en dehors du groupe en liaison avec les individus à l'intérieur du groupe. Mais comme dans le cas des neurones, ce ne sont pas seulement les signaux qui comptent, mais les connexions. Ainsi, s'il y a très peu de connexions à l'intérieur du groupe, les idées complexes ne peuvent pas se diffuser, mais s'il y a trop de connexions, les idées complexes sont soumises au phénomène de la « *pensée unique* » ou de la « *chambre d'écho* » (Janis, 1971). La solution consiste à construire un « *réseau du petit monde* » (Watts et Strogatz, 1998) qui combine de manière optimale la « *liaison* » à l'intérieur du groupe et le « *pontage* » ou l'« *exploration* » à l'extérieur du groupe. Ces deux processus sont liés à la structure du groupe et donc aux processus de collaboration et de coopération au sein du groupe.

Chapitre 5 : la théorie de la physique sociale

5.1 Introduction

Les sciences axées sur le comportement humain, c'est-à-dire les sciences sociales et humaines, ont coutume d'étayer leurs recherches sur des enquêtes et des expériences de laboratoire. Bien que précieuses, ces sources de données ont leurs défauts. Plus spécifiquement, les enquêtes fournissent des données indirectes sur le comportement humain, tandis que les expériences en laboratoire, qui ont tendance à être artificielles, ne parviennent pas à saisir les complexités de la vie réelle.

Toutefois, les nouvelles technologies numériques ont initié une nouvelle façon d'étudier le comportement humain par l'enregistrement des activités humaines. Grâce à ces technologies, les chercheurs peuvent étudier le comportement humain et les dynamiques d'interactions d'un groupe d'individus dans leurs environnements naturels tout en ayant la possibilité d'étudier ce que les individus font, plutôt que ce qu'ils disent de ce qu'ils font.

Ces instruments ont permis d'extraire différents types de données pour répondre à différents types d'objectifs scientifiques. Merzeau (2013) propose la distinction suivante concernant ces données numériques ou, comme nous les appelons communément aujourd'hui, traces numériques : 1) les traces déclaratives, qui font référence aux données laissées volontairement par les individus (comme les productions numériques d'un individu), 2) les traces comportementales, qui font référence au comportement des individus et 3) les traces qui visent à produire une identité calculée, telles les multiples liens au sein d'un réseau d'individus.

Concernant les sciences de l'information et de la communication, pour Galinon-Méléneq (2011, 2016), les traces numériques font référence aux interactions entre les individus et entre les individus et les artefacts.

En ce qui concerne le système éducatif, on peut trouver des approches similaires avec la méthode dite « *learning analytics* », plus axée, comme son nom l'indique, sur l'analyse de l'apprentissage des individus. Djoudi *et al.* (2018) proposent une nouvelle typologie de l'analytique des données ; elle distingue les analyses liées à l'apprentissage de celles qui sont liées aux comportements.

Ainsi, la « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015) entre-t-elle dans ce domaine. Son intérêt réside dans l'utilisation de l'extraction de données ou de traces numériques en vue d'explorer les propriétés et les modèles d'interactions entre les individus dans différents contextes, afin de mieux comprendre la circulation de l'information dans les groupes d'individus et la manière dont elle impacte les comportements de ces derniers.

Plus spécifiquement, Pentland (2015) recourt à cette extraction de données dans un large éventail de groupes d'individus interagissant dans des situations différentes. Ces recherches couvrent de petits groupes d'individus travaillant ensemble, les plateformes de médias sociaux, des structures institutionnelles, telles que les écoles et les entreprises, voire même des interactions entre individus dans le cadre de villes entières.

L'un des principaux résultats scientifiques obtenus jusqu'ici concerne l'importance de l'influence des interactions sociales sur notre comportement (Dong et Pentland, 2006 ; Engel *et al.*, 2014 ; Harari *et al.*, 2016 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland, 2015). Ainsi, les travaux de différents chercheurs nous ont permis d'observer qu'une grande partie de notre comportement est dominée par l'influence de nos proches ou des groupes de pairs dans lesquels nous sommes intégrés, et de constater, comme nous l'avons déjà mentionné, qu'il est plus approprié de considérer les individus comme faisant partie d'un groupe que pris isolément (Duhigg, 2016 ; Engel *et al.*, 2014).

Dès la fin des années 60, l'école de Palo Alto illustre également ce constat à partir des travaux d'anthropologie de la communication, en montrant l'importance des interactions interindividuelles (Sapir, 1967).

Un autre point important à relever est la façon dont les idées et les comportements se propagent et circulent à travers les interactions des individus à l'intérieur et à l'extérieur d'un groupe. Divers chercheurs ont montré que les groupes les plus inventifs et productifs sont intégrés par des individus venant de « *mondes* » différents tout en restant très connectés à l'intérieur du groupe (Pentland, 2015), ce qui nous ramène à l'importance de l'hétérogénéité des individus intégrant un groupe, que nous avons abordée dans le chapitre 2.

Ainsi, les interactions en dehors du groupe sont importantes pour se familiariser avec une multiplicité d'idées hétérogènes, tandis que les interactions au sein du groupe permettent de

comprendre quelles sont les meilleures idées et de construire des normes communes de comportement et de confiance qui permettent au groupe de travailler ensemble, en collaboration ou en coopération.

5.2 La théorie de la physique sociale

L'expression « *physique sociale* » a été inventée au 19^{ème} siècle par Auguste Comte, le fondateur de la sociologie moderne. L'objectif de Comte était d'expliquer la réalité sociale en développant un ensemble de lois universelles (Pickering, 2007). Plus d'un siècle après, Pentland (2015), avec d'autres chercheurs, a repris l'idée de la « *physique sociale* » pour exploiter les dernières technologies de l'information et de la communication et ainsi créer un modèle mathématique fondé sur les données du comportement social.

Les recherches relatives à la « *théorie de la physique sociale* » montrent que l'analyse des dynamiques d'interactions d'un groupe d'individus est plus importante que l'analyse du contenu de ces interactions. Pentland (2015) et ses collègues appellent ces dynamiques d'interactions « *flux d'idées* », terme utilisé pour décrire la façon dont les comportements, les croyances et les idées en général se diffusent à l'intérieur et à l'extérieur d'un groupe d'individus. Ce terme rejoint le terme de « *circulation des idées* », que nous utilisons dans le cadre de cette recherche.

De même que l'objectif de la physique traditionnelle est de comprendre comment les flux d'énergie se traduisent par des changements de mouvements, la « *théorie de la physique sociale* » cherche à comprendre comment la circulation des idées et des informations se traduit par des changements de comportement au sein d'un groupe d'individus (Pentland, 2015).

5.2.1 Les sciences humaines et sociales et la théorie de la physique sociale

Comme nous l'avons constaté précédemment, pour analyser le comportement humain, les sciences humaines et sociales se sont traditionnellement appuyées sur des enquêtes et des expériences de laboratoire. En ce qui concerne les enquêtes, elles sont utiles, car elles permettent aux chercheurs d'accéder au monde intérieur et mental de leurs sujets. Le problème est que les individus ne donnent pas toujours des informations et des descriptions exactes et précises (Chesney et Penny, 2013).

Quant aux expériences en laboratoire, celles-ci sont précieuses dans la mesure où elles permettent de saisir directement le comportement humain (Bernard, 2012). Cependant, le problème des expériences de laboratoire est qu'il nous est simplement impossible de saisir les complexités du monde réel en laboratoire (Pentland, 2015). Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, les nouvelles technologies numériques ont initié une toute nouvelle façon d'étudier le comportement humain en enregistrant l'activité humaine grâce à l'analyse des traces laissées par les individus (Rieder, 2010).

Grâce aux progrès accomplis dans le développement de ces nouvelles technologies numériques, les chercheurs en sciences humaines et sociales ont commencé à découvrir qu'ils sont non seulement capables de mieux comprendre les comportements spécifiques qui sont mesurés directement grâce au traitement des traces laissées par les individus, mais aussi d'autres comportements qui peuvent être indirectement déduits, tels que l'humeur ou la personnalité d'un individu. Une autre variable particulièrement intéressante dans le cadre de cette recherche est qu'il est possible de mesurer, grâce aux traces laissées par les individus, la structure d'un groupe d'individus.

La « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015) étudie la nature des interactions entre les individus et la manière dont les idées et les comportements se propagent d'un individu à l'autre et à travers les groupes d'individus. Ainsi la « *physique sociale* » fonctionne en analysant les modèles de l'expérience humaine et de la circulation des idées dans un groupe d'individus à travers les traces numériques laissées par ces individus.

Latour (2012) et Cardon (2015) sont plus critiques par rapport à ce nouvel instrument d'analyse des données, qui permet aux chercheurs d'analyser en même temps les variables collectives et individuelles des interactions sociales. Pour Latour (2012), il s'agit d'une nouvelle forme de traçabilité du social, lui permettant d'affirmer que le numérique est la re-matérialisation du social qui rend visible les interactions et nous donne l'illusion de comprendre la globalité en voyant peu de choses certes, mais en les voyant de façon claire et précise (Latour, 2012). Cardon (2015) fait observer que les médiations sociotechniques ont toujours été au cœur de nos sociétés et qu'à travers des algorithmes analysant les traces numériques, nous oublions les médiations ou les intermédiaires ; il critique plus spécifiquement le manque de catégorisation

dans l'analyse des traces numériques par ces algorithmes. Pour lui, cette catégorisation a toujours été le point central des sciences humaines et sociales (Cardon, 2015).

Dans le cadre de cette recherche, nous sommes conscients des effets réducteurs de la réalité de ces instruments fondés sur l'approche quantitative, ils font partie des limites à prendre en compte à l'heure d'interpréter les résultats de ce travail.

5.2.2 L'apprentissage social et la diffusion de l'information

Nous pouvons observer deux mécanismes principaux dans les sociétés humaines et les populations animales : l'effet d'apprentissage social (Antunes *et al.*, 2014) et la propagation de l'information (Christakis et Fowler, 2009 ; Girard, 1965). Ces deux processus permettent de comprendre les modalités de circulation des idées dans un groupe d'individus : en l'absence d'individus pour propager l'information, la circulation des idées diminue, et en l'absence d'individus ouverts pour s'approprier cette information, il ne se produira aucune évolution dans la circulation des idées. Les individus agissent comme des machines de traitement d'idées, combinant la pensée individuelle et l'apprentissage social.

En conséquence, le comportement humain est déterminé autant par le contexte social que par la pensée rationnelle ou les désirs individuels (Kahneman, 2011). Le comportement exploratoire continu des humains est un processus d'apprentissage rapide qui s'appuie sur la popularité de certaines idées parmi les autres individus, tandis que l'adoption des habitudes et des préférences est un processus lent qui nécessite une exposition à une idée ou une interaction répétée, ainsi qu'une validation perceptuelle au sein d'une communauté ou d'un groupe d'individus.

5.2.2.1 L'apprentissage social et l'influence

L'une des propositions de la « *théorie de la physique sociale* » repose sur l'importance de l'interaction sociale pour influencer notre comportement et nos idées. Dans ce contexte, la plupart des comportements et des idées des individus sont influencés par d'autres groupes d'individus. À partir du siècle des Lumières, les philosophes ont montré que les humains étaient des individus rationnels ; dans la société occidentale, cette idée d'individualité rationnelle remplaçait l'hypothèse selon laquelle la vérité ne venait que de Dieu et du roi (Aron, 1962).

De nouvelles sources de données scientifiques ont commencé à modifier cet argument, en montrant que le comportement humain est déterminé tant par le contexte social que par la pensée rationnelle ou les désirs individuels (Kahneman, 2011). En ce qui concerne les forces sociales qui influencent le plus les idées et les comportements des individus, nous pouvons en identifier deux principales : 1) les groupes auxquels appartient un individu et 2) les relations proches de l'individu (Pentland, 2015).

5.2.2.1.1 Les groupes auxquels appartient un individu et le processus d'influence et d'apprentissage social

Les groupes auxquels appartient un individu sont composés d'individus qui partagent une caractéristique ou un intérêt appartenant à un même système. Compte tenu de leurs caractéristiques ou intérêts communs, les individus intégrant un groupe se trouvent souvent en interaction dans les mêmes lieux ou systèmes (physiquement ou virtuellement). Cela signifie que les membres des groupes entrent souvent dans une interaction très proche les uns avec les autres. Pour ces raisons, les individus d'un même système peuvent très bien devenir des connaissances et même des amis, mais pas nécessairement (Madan *et al.*, 2010).

Ainsi, en ce qui concerne nos comportements, nos idées et nos habitudes, certaines recherches scientifiques ont montré qu'elles sont influencées par les individus de nos groupes (Dong et Pentland, 2006 ; Engel *et al.*, 2014 ; Harari *et al.*, 2016 ; Madan *et al.*, 2010 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014). Cependant, il faut noter que le processus d'appropriation des comportements, des idées et des habitudes d'autres individus ne se fait pas rapidement ni aisément ; il n'est pas nécessairement conscient ou rationnel (Madan *et al.*, 2010).

Dans ce contexte, l'adoption de nouveaux comportements, idées et habitudes nécessite le plus souvent des expositions répétées à d'autres individus (Madan *et al.*, 2010). Pour changer les comportements, les préférences, les idées et les intérêts habituels, il faut généralement plusieurs expositions en un court laps de temps. Par exemple, si tout le monde dans un groupe de travail commence à boire du thé vert plutôt que du café, il y aura de bonnes chances pour que d'autres individus du groupe prennent aussi du thé vert à travers un processus d'exposition en un court laps de temps. Ainsi, ces expositions multiples montrant qu'un nouveau comportement

ou une nouvelle idée a de bons résultats sont nécessaires pour que les individus s'approprient le comportement ou l'idée en question.

Le fait d'apprendre des comportements et des idées des autres est beaucoup plus efficient que celui d'apprendre uniquement de nos propres expériences. La logique sous-tendant ce processus est simple : si quelqu'un d'autre a investi dans l'effort d'apprendre et de développer un comportement ou une idée qui fonctionne, il est alors plus facile de la copier et de se l'approprier que de la penser à nouveau (Pentland, 2015).

La plupart de nos idées et de nos habitudes sont apprises en observant les attitudes, les actions et les résultats d'autres individus plutôt que par la logique ou l'argumentation. Apprendre et renforcer ce contrat social est ce qui permet à un groupe d'individus de coordonner, de coopérer et de collaborer efficacement (Harari *et al.*, 2016 ; Pentland et Heibeck, 2010).

Étant donné que notre propension à apprendre de ceux qui nous entourent est bénéfique pour l'individu et pour le groupe, et que cette tendance semble être principalement subconsciente, il y a de bonnes raisons de croire que la tendance est en fait un mécanisme issu de notre évolution (Williams, 2008) ; cette idée est renforcée par le fait que ce processus est également observé chez d'autres animaux sociaux (Christakis et Fowler, 2009).

5.2.2.2 La prise de décisions des individus

En 2002, Daniel Kahneman, associé au chercheur Amos Tversky, a remporté le prix Nobel en sciences économiques pour des travaux portant entre autres sur l'irrationalité humaine. Une partie de ses recherches peut être divisée en deux grandes phases : 1) la première phase est liée aux expériences que les deux chercheurs ont réalisées sur les erreurs de raisonnement inconscientes des individus qui faussent leur jugement sur le monde (Tversky et Kahneman, 1974), 2) dans la deuxième phase, les deux chercheurs ont montré que les gens qui prennent des décisions dans des conditions incertaines ne se comportent pas comme les modèles économiques l'ont traditionnellement supposé, en maximisant l'utilité. Ainsi, ils ont proposé une nouvelle théorie appelée la « *théorie des perspectives* », plus proche de la psychologie humaine (Tversky et Kahneman, 1992).

Après plusieurs décennies de recherches dans le domaine, Kahneman (2011) avance que chaque individu a une façon de penser à deux systèmes. Le système 1 correspond à la façon intuitive de penser et de prendre des décisions ; le système 2 correspond à la manière analytique ou à une façon de prendre des décisions en exerçant une « *pensée critique* ». Le système 1 se rapporte aux « *premières impressions* » et explique souvent la raison pour laquelle nous tirons des conclusions hâtives. Le système 2 se rapporte à la réflexion, la résolution de problèmes et l'analyse (Kahneman, 2011).

La plupart des individus s'identifient avec la pensée du système 2. Nous nous considérons comme des êtres humains rationnels et analytiques. Ainsi, nous pensons que nous passons la plupart de notre temps à réfléchir sur le système 2. Mais, en réalité, les individus passent presque toute leur vie quotidienne engagés dans le système 1 ou ce que Kahneman (2011) appelle la « *pensée rapide* ». Ce n'est que lorsque les individus sont confrontés à quelque chose d'inattendu ou fournissent un effort conscient qu'ils s'engagent dans le système 2 ou ce que Kahneman (2011) appelle la « *pensée lente* ».

Ainsi, le système 1 crée continuellement des impressions, des intuitions et des jugements basés sur tout ce que nous ressentons, comme les « *signaux sociaux* » et autres signaux que nous recevons. Dans la plupart des cas, nous évoluons simplement en fonction de l'impression ou de l'intuition que le système 1 génère. Le système 2 n'est impliqué que lorsque nous sommes confrontés à quelque chose d'inattendu qui ne peut être traité automatiquement par le système 1 (Kahneman, 2011).

Le travail de Kahneman (2011) montre en détail ce phénomène et la façon dont les individus tirent des conclusions sur la base d'informations limitées. Dans ce contexte, bien que le système 1 soit généralement très précis, il peut arriver qu'il fasse des erreurs de biais, ce qui amène les individus à se concentrer sur les preuves existantes et à ignorer les preuves manquantes. Ces impressions et intuitions peuvent ensuite être approuvées par le système 2 et se transformer en valeurs et en croyances profondément enracinées dans l'individu. Le problème est que le système 1 peut induire et inventer des causes et des intentions, même si ces causes ou intentions sont fondées ou non (Kahneman, 2011).

En conséquence, nous pouvons associer la proposition de Kahneman (2011) au processus d'apprentissage social de la « *théorie de la physique sociale* » proposé par Pentland (2015), et rappeler que les individus ne prennent pas la plupart de leurs décisions sur la base de la pensée rationnelle, mais plutôt à travers un processus d'interactions, d'apprentissage social et d'influence entre les individus d'un groupe, en faisant circuler les idées du système 1 au système 2.

5.3 Inventivité individuelle et collective

À ce stade, nous avons exploré des études scientifiques concernant la dynamique d'apprentissage social d'un groupe d'individus, ainsi que son importance pour le processus de prise de décision dans le groupe (Kahneman, 2011). Comme une extension à cela, la « *théorie de la physique sociale* » étudie également les modèles d'interactions sociales. Un modèle d'interaction sociale fait référence au groupe d'un individu et à la manière dont cet individu interagit avec les autres individus au sein du groupe ; il inclut des éléments comme le nombre d'interactions d'un individu avec les autres individus et la cohésion de ces interactions (Christakis et Fowler, 2009).

5.3.1 Au niveau individuel

Au niveau individuel, la recherche dans le cadre de la « *théorie de la physique sociale* » montre que les individus les plus inventifs et les plus productifs dans un groupe ont tendance à être ce que l'on peut appeler des « *explorateurs* » et des « *connecteurs* », ce sont des individus qui recherchent constamment de nouvelles idées et points de vue différents, et qui le font en interagissant avec un large éventail d'individus en dehors du groupe (Waber *et al.*, 2010).

En plus de ces caractéristiques individuelles, les individus les plus inventifs et les plus productifs ont aussi tendance à rester en contact étroit avec les individus à l'intérieur du groupe, en formant ce que nous pouvons appeler une « *structure en étoile* » dans le groupe (Pentland, 2015). On peut distinguer deux caractéristiques individuelles importantes lorsque ces structures apparaissent dans un groupe grâce à la présence des individus agissant comme « *connecteurs* » : premièrement, ces individus maintiennent un fort engagement avec les autres individus de leur groupe. Deuxièmement, leurs structures sont également plus diversifiées, de sorte que ces

individus peuvent adopter les perspectives des autres acteurs du système dans lequel ils travaillent ou interagissent. Comme ils peuvent voir la situation depuis une variété de points de vue, ils peuvent développer de meilleures solutions à différents problèmes (Gertner, 2013).

En résumé, nous pouvons donc dire que l'approche la plus efficace pour promouvoir l'inventivité et la productivité au niveau individuel est une approche à deux volets qui comprend à la fois l'exploration de nouvelles idées avec un large éventail hétérogène d'individus, et un contact étroit avec les individus à l'intérieur du groupe. La « *théorie de la physique sociale* » appelle « *processus d'exploration* » le premier volet et « *processus d'engagement* » le second.

5.3.2 Au niveau collectif

L'approche « *exploration – engagement* » décrite ci-dessus au niveau individuel s'est également révélée être la plus efficace pour générer de l'inventivité et de la productivité à l'échelle collective ou du groupe (Engel *et al.*, 2014 ; Woolley *et al.*, 2015). Pentland (2015) et d'autres chercheurs ont étudié un nombre élevé de types différents de groupes, d'organisations et d'institutions dans différents contextes (Montjoye *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Waber *et al.*, 2010), et ils ont constaté que les groupes les plus inventifs et productifs ont toujours un point commun : les individus du groupe maintiennent des niveaux élevés d'interaction avec divers individus à l'extérieur du groupe, ce que les chercheurs appellent une « *haute exploration* », et ils restent également en contact étroit les uns avec les autres avec une bonne cohésion à l'intérieur du groupe, ce qu'ils appellent un « *engagement élevé* ».

Les raisons pour lesquelles l'approche « *exploration – engagement* » fonctionne au niveau collectif sont très proches des raisons pour lesquelles elle fonctionne au niveau individuel. Premièrement, des niveaux élevés d'interactions externes avec des individus divers permettent aux individus du groupe d'avoir accès à un large éventail d'idées potentiellement utiles. Deuxièmement, une connectivité étroite au sein du groupe garantit que toutes ces idées sont partagées, ce qui augmente la probabilité que les meilleures idées remontent à la surface. Autre élément important à remarquer, une connectivité étroite entre les individus du groupe renforce le niveau de confiance au sein du groupe.

Ainsi, les résultats scientifiques de la « *théorie de la physique sociale* » montrent que la production inventive d'un groupe dépend fortement de deux processus : 1) la découverte des

idées (exploration) et 2) l'intégration de ces idées dans de nouveaux comportements ou nouvelles idées (engagement), et que ces deux processus peuvent être mesurés avec les modèles d'interaction ou de communication d'un groupe d'individus (Dong et Pentland, 2006 ; Madan *et al.*, 2010 ; Olguín *et al.*, 2009).

5.3.3 Les dynamiques d'interaction du groupe

Jusqu'à présent, nous avons considéré les modèles d'interaction entre les individus en termes généraux. Mais la littérature scientifique relative à la « *théorie de la physique sociale* » a également étudié les modèles d'interaction spécifiques qui composent la dynamique d'interaction d'un groupe d'individus. Les chercheurs ont constaté qu'un type de dynamique d'interaction de groupe a tendance à surpasser les autres en termes d'inventivité et de productivité. La dynamique d'interaction de groupe en question est celle où les individus du groupe bénéficient d'un degré élevé d'égalité dans le processus de partage d'idées au sein du groupe (Olguín *et al.*, 2009).

Dans ce contexte, des facteurs tels que la motivation ou la satisfaction des individus n'étaient pas statistiquement significatifs. Les facteurs les plus importants dans la prédiction de la performance d'un groupe étaient l'égalité de la prise de parole conversationnelle dans les groupes synchrones et le partage homogène des idées dans les groupes asynchrones (Pentland, 2015). Les groupes où quelques individus dominent la conversation ou le partage d'idées sont moins performants collectivement que ceux qui ont une distribution plus équilibrée de la prise de parole conversationnelle ou du partage d'idées (Olguín *et al.*, 2009 ; Woolley *et al.*, 2015 ; Woolley *et al.*, 2010).

Une exception à ce constat se présente lorsque les individus d'un groupe doivent travailler et interagir sous un niveau élevé de pression ou de stress ; une deuxième exception se présente lorsque le groupe a du mal à travailler ensemble et que les émotions des individus sont élevées ; dans ces cas, un leader peut jouer le rôle de facilitateur et intervenir fréquemment dans les contributions des autres.

Sur la base de ce qui précède, nous pouvons résumer la dynamique d'interaction d'un groupe performant et inventif comme suit : 1) un grand nombre d'idées générées au sein du groupe, 2) des interactions denses entre les individus, moyennant le respect d'un principe

d'égalité quant à la distribution de ces interactions et 3) une grande diversité d'idées qui sont apportées de l'extérieur du groupe.

5.4 Le modèle d'interactions de la théorie de la physique sociale

Sur la base de la « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015), nous pouvons représenter le modèle d'interactions décrit ci-dessus comme suit (voir *figure 1*) :

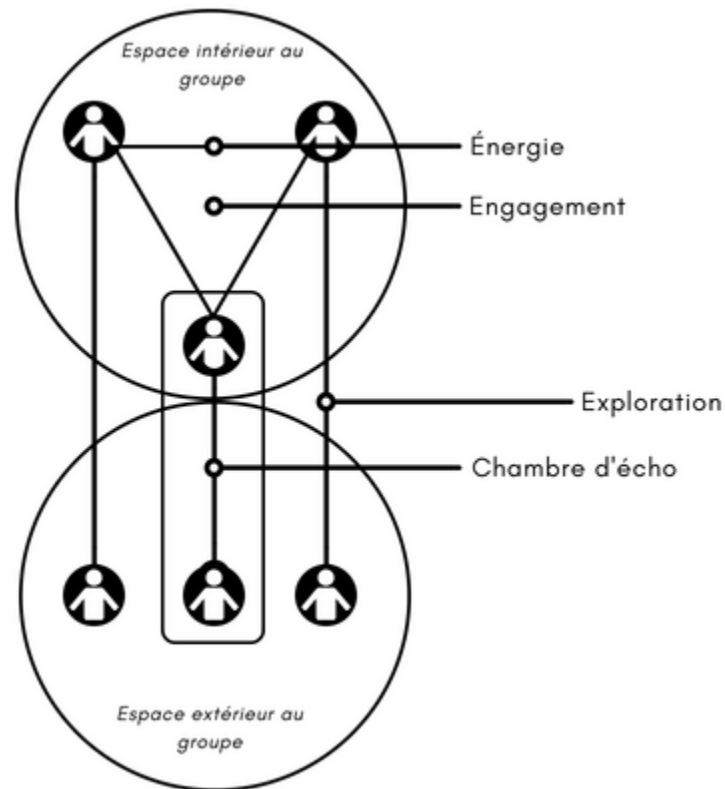


Figure 1. Le modèle d'interactions de la théorie de la physique sociale (Pentland, 2015) illustrant ses trois éléments : l'« *énergie* », l'« *engagement* » et l'« *exploration* ».

La *figure 1* est représentée par trois éléments principaux concernant le processus d'interaction d'un groupe d'individus. Le premier élément est l'« *énergie* », métaphore empruntée au domaine de la physique, étant donné qu'elle fait référence au transfert d'une idée ou d'un comportement d'un individu à un autre individu au sein d'un groupe. Ainsi, l'élément « *énergie* » est défini par la fréquence de communication entre deux individus dans un groupe. En ce qui concerne la « *théorie de la physique sociale* », un des facteurs clés pour déterminer la performance d'un groupe ne réside pas dans le contenu de la communication d'un groupe

d'individus, mais dans la manière de communiquer des individus, ainsi que dans la fréquence de la communication entre deux individus dans le groupe (Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland et Heibeck, 2010).

Le deuxième élément est l'« *engagement* ». Il est défini par la coordination et la distribution de la circulation des idées au sein du groupe. La « *théorie de la physique sociale* » cherche à comprendre comment la distribution de la circulation des idées et des informations à l'intérieur d'un groupe d'individus se traduit par des changements de comportement tout en favorisant par exemple le processus d'invention collectif d'un groupe.

Le troisième élément du modèle d'interaction est l'« *exploration* ». Comme chaque individu du groupe vient de son « *propre monde* », dans un scénario de résolution de problèmes, il voit l'artefact ou la solution à concevoir comme un « *objet-frontière* » (Star et Griesemer, 1989) apportant au groupe de nouvelles informations issues de son « *propre monde* ». Dans un processus d'exploration performant, chaque individu doit apporter au groupe des informations différentes (Montjoye, *et al.*, 2014). Comme l'illustre la *figure 1*, le danger survient lorsque les individus entrent dans une boucle de « *pensée unique* » (appelée « *chambre d'écho* » dans la *figure 1*) où il n'y a pas de processus d'exploration et où les mêmes informations tournent encore et encore dans une boucle à l'intérieur et à l'extérieur du groupe.

Ce terme de « *pensée unique* » ou « *chambre d'écho* » est lié au processus d'exploration sociale décrit par la « *théorie de la physique sociale* ». Dans ce contexte, les « *explorateurs sociaux* » passent énormément de temps à chercher de nouvelles personnes et de nouvelles idées, mais pas nécessairement les meilleures personnes ni les meilleures idées. Au lieu de cela, ils cherchent à établir des liens avec différents types de personnes et d'idées et à se familiariser avec une grande variété de pensées.

Les trois éléments exposés ci-dessus décrivent le processus d'apprentissage social d'un groupe d'individus. Différentes études scientifiques ont montré une corrélation positive dans différents contextes, en indiquant que si ces trois éléments augmentent dans un groupe d'individus, l'inventivité collective, ainsi que la productivité du groupe augmenteront également en proportion dans ce groupe (Comstock, 2012 ; Dezsö et Ross, 2011 ; Hewlett *et al.*, 2013 ;

Loyd *et al.*, 2013 ; Montjoye *et al.*, 2014 ; Onnela *et al.*, 2014 ; Phillips, 2014 ; Phillips *et al.*, 2006 ; Richard, 2000).

5.4.1 Mesurer la collaboration et la coopération

Les trois éléments du modèle d'interactions décrit ci-dessus peuvent nous servir à mesurer la collaboration ou la coopération d'un groupe d'individus en déterminant les modèles d'interactions entre les individus au sein du groupe pour identifier s'il y a des individus qui concentrent toute l'information du groupe ou s'il y a de potentielles « *chambres d'écho* » tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du groupe.

Dans ce contexte, Pentland (2015) et d'autres chercheurs soulignent que l'importance de l'élément d'« *engagement* » dans un groupe n'est pas liée à ce qui est dit entre les individus ; ainsi les analyses des interactions ne s'intéressent pas aux propos des uns et des autres au sein du groupe, mais aux « *signaux sociaux* » envoyés entre les individus du groupe (Pentland et Heibeck, 2010). De cette façon, pour mesurer le niveau de collaboration ou de coopération, nous devons concentrer notre attention sur les modèles d'interaction représentés par les trois éléments décrits précédemment et pas sur le contenu de ces interactions. En d'autres termes, nous nous intéressons à l'analyse du « *qui* » et du « *comment* » (qui parle avec qui et comment) et pas au « *quoi* » (le contenu de la communication).

5.5 La théorie de la physique sociale et le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage

En ce qui concerne le système éducatif, la « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015), même si elle a été utilisée dans des situations relatives à l'apprentissage, la créativité, l'inventivité ou la productivité dans d'autres contextes (Montjoye *et al.*, 2014 ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland et Heibeck, 2010 ; Woolley *et al.*, 2015), n'a pas été utilisée spécifiquement pour mesurer la complexité des interactions collaboratives et coopératives dans la complexité du système éducatif.

Cette recherche s'appuie sur la « *théorie de la physique sociale* » pour mesurer le niveau de collaboration et de coopération des groupes hétérogènes de conception qu'intègrent la plupart

des acteurs du système éducatif, en ayant pour objectif de concevoir un artefact numérique d'apprentissage. Notre but est d'établir un lien entre les éléments de la *figure 1* (l'« *énergie* », l'« *engagement* » et l'« *exploration* ») décrits ci-dessus et le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage qui, dans le cadre de cette recherche, est un manuel scolaire numérique d'histoire, dans un contexte d'interactions collaboratives et coopératives entre les différents acteurs du système.

Nous avons examiné précédemment l'aspect coopératif dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage en général et de manuels scolaires numériques en particulier (Gérard et Roegiers, 2009 ; Leroy, 2012 ; Radtka, 2013). Cet aspect concerne la distribution de l'information dans le système de conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

Un des objectifs de cette recherche est d'utiliser ce modèle d'interactions pour nous permettre d'une part de mieux comprendre les dynamiques d'interactions collaboratives et coopératives entre les différents acteurs du système éducatif lors de la conception d'un manuel scolaire numérique d'histoire, d'autre part de comprendre l'impact de ces dynamiques d'interaction sur l'inventivité collective mise en œuvre dans la conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

5.6 Les limites de la théorie de la physique sociale

Un des objectifs de la « *théorie de la physique sociale* » est de permettre aux chercheurs de créer des modélisations mathématiques de la société dans différents contextes. Toutefois, pour d'autres chercheurs, il n'est pas possible d'expliquer la société à partir de la physique (O'Neil, 2016 ; Jensen, 2018). Ils avancent en effet que l'objectif de la physique est de produire des règles universelles explicatives des phénomènes, mais la reproductibilité et la prédictibilité de la physique sont difficilement applicables à la complexité des phénomènes sociaux (O'Neil, 2016).

Jensen (2018) allègue que la physique nous permet notamment d'isoler des éléments dans le cadre d'une expérimentation, dans le but de mieux expliquer un phénomène. En sciences humaines et sociales, le problème est que nous ne pouvons pas expérimenter sans agir sur le

phénomène ou même sans le transformer. L'autre problème exposé par Jensen (2018) est qu'en modélisant les phénomènes sociaux, nous risquons de simplifier la réalité.

Même si la « *théorie de la physique sociale* » prétend vouloir résoudre le problème concernant les limites des expérimentations de laboratoire décrites ci-dessus, en essayant de trouver un équilibre entre l'approche expérimentale et l'approche écologique grâce à l'extraction massive de données dans un environnement écologique pouvant être traitées mathématiquement en sciences humaines et sociales, les phénomènes sont difficiles à prédire d'un contexte social à l'autre. Ainsi, la prédictibilité est l'enjeu majeur de la « *théorie de la physique sociale* », car la transférabilité dépend d'une grande quantité de facteurs (Jensen, 2018).

Comme nous l'avons remarqué, les effets réducteurs de la « *théorie de la physique sociale* » représentent une limite importante à prendre en compte dans le cadre de cette recherche. Cette remarque s'applique surtout sur le fait de recourir à l'« *énergie* » et à l'« *engagement* », mesures inspirées de la « *théorie de la physique sociale* » pour organiser d'un point de vue méthodologique le suivi des niveaux de coopération et de collaboration d'un groupe de conception. Ces mesures présentent l'intérêt d'objectiver le travail collectif et, comme tout travail d'objectivation, écarte des variables liées aux individus par exemple.

5.7 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons examiné les principaux éléments de la « *théorie de la physique sociale* » et son modèle d'interactions au sein d'un groupe d'individus, ainsi que sa relation avec les interactions collaboratives et coopératives. Nous avons fait également le lien entre les apports de cette théorie et le cadre principal de cette recherche relative à la conception d'artefacts numériques d'apprentissage par un groupe d'individus appartenant à l'ensemble du système éducatif. Enfin, nous avons exposé certaines des limites de cette théorie concernant principalement la prédictibilité et la transférabilité des phénomènes sociaux. Comme nous avons pu l'observer, la « *théorie de la physique sociale* » est associée à la circulation des idées dans un groupe d'individus ; c'est la raison pour laquelle nous développerons plus amplement ce point dans le chapitre suivant.

Chapitre 6 : la circulation des idées dans un groupe

6.1 Introduction

Shannon et Weaver (1949) estimaient qu'il était essentiel d'expliquer les aspects conceptuels de l'information pour mieux la comprendre, en décrivant les mathématiques de ce que nous connaissons aujourd'hui comme la théorie de l'information et en détachant le mot information de sa signification. Les humains et certaines machines ont la capacité d'interpréter les messages et de leur donner un sens. Mais ce qui se passe à travers les fils ou les ondes magnétiques ne relève pas de ce sens, c'est juste de l'information (Weaver, 1949).

Compte tenu de ce qui précède, la signification est donnée par le contexte et par la connaissance antérieure. La signification est l'interprétation qu'un agent, comme un humain, donne à un message, mais elle est différente de l'ordre physique qui porte le message, et différente du message lui-même. La signification émerge quand un message est interprété ou quand une machine a la capacité de traiter l'information (Hidalgo, 2016).

L'information est, en revanche, la seule chose que nous produisons. En ne la limitant pas aux messages, elle est inhérente à tous les artefacts physiques que nous concevons et fabriquons. Ainsi, ces artefacts ne sont pas seulement faits d'idées, mais ils incarnent également l'ordre physique. De cette façon, le monde n'est pas une collection amorphe d'atomes, mais une collection soigneusement organisée de structures, de formes, de couleurs et de corrélations. Ces structures ordonnées représentent la manifestation de l'information, même lorsque ces morceaux d'ordre physique n'ont aucun sens (Hidalgo, 2016).

Pour engendrer des formes complexes d'information, nous devons développer des formes complexes de pensée, ce qui implique parfois la constitution de groupes d'individus, puisque ces formes complexes de pensée se développent souvent à travers l'échange d'idées et d'information entre individus (Hidalgo, 2016). Notre besoin de constituer des groupes résulte cependant d'une observation importante : la capacité limitée de l'individu à incarner le savoir et le savoir-faire. Pour surmonter leurs limites individuelles, les individus sont tenus de collaborer ou de coopérer entre eux (Hidalgo, 2016 ; Woolley *et al.*, 2015).

6.2 Comment les idées circulent-elles et se diffusent-elles ?

Dans la « *théorie de la physique sociale* » décrite au chapitre précédent, la circulation des idées est au cœur des interactions entre les êtres humains en général. La théorie essaye de montrer qu'en favorisant ce processus de circulation, l'analyse des données permettra également de favoriser la créativité, l'inventivité, la productivité ou l'innovation. Ainsi, ce ne serait pas l'individu le plus créatif ou le plus intelligent qui aurait les meilleures idées, mais celui qui se montrerait le meilleur à récolter les idées des autres, ou encore, ce ne serait pas l'individu le plus déterminé qui initierait le changement, mais celui qui serait le plus engagé auprès des individus qui partagent ses idées. Cela montre à quel point il est important de comprendre la circulation des idées au sein d'un groupe d'individus pour mieux comprendre la dynamique de ce groupe et l'impact de cette dynamique de groupe sur la performance ou l'inventivité collective.

L'objectif est donc de comprendre comment les idées circulent d'un individu à l'autre grâce au mécanisme de l'apprentissage social et comment cette circulation des idées influence les normes, la productivité et les résultats créatifs et inventifs des groupes d'individus au-delà de leur taille et de leur contexte. Ainsi, l'analyse quantitative des interactions (qui interagit avec qui et comment) devient le moteur du processus de compréhension de cette circulation d'idées.

Il est bien connu que la structure des groupes affecte les résultats des processus dynamiques d'interaction, tels que la circulation et la propagation des idées au sein d'un groupe d'individus (Barrat *et al.*, 2008 ; Nowak et May, 1992). Ainsi, il importe de rappeler les différentes formes de propagation des idées dans un groupe que nous avons décrites plus en détail précédemment.

6.2.1 Les connexions entre les individus d'un groupe

Comme nous l'avons déjà vu, les individus considèrent leurs connexions sociales pour comprendre leur monde (Christakis et Fowler, 2009). Ce processus se produit lorsque les individus observent leurs pairs pour en savoir plus sur eux-mêmes. Cependant, les groupes peuvent tromper les individus en créant ce qui a été appelé une « *illusion de la majorité* »,

expliquant, entre autres phénomènes, pourquoi les individus pensent souvent que leurs opinions font consensus (Lerman *et al.*, 2016).

Il existe trois types de connexions entre les individus : 1) les connexions directionnelles, où les relations ou les interactions entre les individus vont uniquement dans un sens ; 2) les connexions bidirectionnelles, où les relations ou les interactions vont dans les deux sens et 3) les connexions pondérées dans lesquelles chaque relation ou interaction a un poids ou une force différente.

Mais les individus ne font pas qu'observer passivement les idées et les comportements des autres individus, ils les copient activement (Christakis et Fowler, 2009), ce qui nous fait entrer dans la deuxième phase, à savoir la propagation des idées dans un groupe d'individus, à laquelle nous consacrons la sous-section suivante.

6.2.2 Les contagions entre les individus d'un groupe

Le processus de « *contagion* » dans un groupe d'individus peut être bon ou mauvais, neutre ou ambigu. Ce processus de « *contagion* » ou de diffusion des idées dans un groupe d'individus est également appelé « *cascade d'informations* » (Christakis et Fowler, 2009). Il faut remarquer que, lors de ce processus de « *contagion* », la plupart des idées ne se propagent pas comme des virus. Ainsi, afin que le processus de propagation des idées et des comportements prenne effet, les individus doivent être « *exposés* » à la « *contagion* » plus d'une fois pour être « *infectés* » ; les scientifiques appellent ce processus « *contagions complexes* » (Granovetter, 1977).

Le pourcentage relatif d'individus « *infectés* » dans un groupe représente un facteur important dans ce processus. La différence entre la théorie de la « *contagion complexe* » (Centola et Macy, 2007 ; Granovetter, 1977 ; Sprague et House, 2017 ; Watts, 2004) et la théorie de la « *contagion simple* » nous permet d'affirmer que les « *contagions simples* » sont des « *contagions* » dont le seuil d'« *infection* » est « *supérieur à 0 %* ».

Ainsi, nous pouvons identifier quatre types de « *contagion* » entre les individus : 1) les « *contagions* » intégrant la variable du hasard : dans ce cas, être « *exposé* » à une « *contagion* » ne garantit pas que l'individu sera « *infecté* » ; l'exposition rend seulement l'« *infection* »

probable ; 2) les individus sont exposés à différents seuils de « contagion », en fonction de différents contextes ; 3) une écologie des « contagions » : dans ce cas, l'individu est « exposé » à de multiples « contagions » avec des seuils de « contagions multiples » selon le contexte ; 4) les « contagions » qui se transforment et évoluent : dans ce cas, les idées ne passent pas parfaitement d'un individu à l'autre comme un virus, le message est transformé quand il passe par chaque individu, et, dans certains cas, le message transformé sera plus « contagieux » que le message original ; ainsi, au fil du temps, les idées « évoluent », se faisant plus accrocheuses, copiables et contagieuses.

6.2.3 Connexions et contagions entre les individus d'un groupe

Tandis que plus de connexions favoriseront la diffusion d'idées simples, plus de connexions peuvent également nuire à la propagation d'idées complexes, provoquant ce que différents chercheurs appellent « la pensée de groupe » (Janis, 1971). Ce phénomène se produit quand un groupe d'individus est trop étroitement lié, résistant ainsi aux idées complexes qui défient leurs croyances (Christakis et Fowler, 2009 ; Janis, 1971 ; Pentland, 2015). Ainsi, dans un groupe d'individus, s'il y a peu de connexions, une idée ne peut pas se propager, mais s'il y en a trop, le groupe risque d'entrer dans un processus de « pensée de groupe » où les mêmes idées circulent en boucle dans une espèce de « chambre d'écho ».

Comme nous l'avons vu, les connexions à l'intérieur d'un groupe sont appelées « liaisons » et les connexions à l'extérieur d'un groupe ou entre les groupes sont appelées « ponts » (Christakis et Fowler, 2009). Un groupe disposant d'une bonne dynamique concernant la circulation des idées d'un individu à l'autre a besoin d'un équilibre entre ses « liaisons » au sein du groupe et les « ponts » établis avec les individus extérieurs au groupe, ce qui nous amène à évoquer les notions d'« énergie » et d'« engagement » de la « théorie de la physique sociale » décrites dans le chapitre précédent. Les chercheurs ont donné une définition mathématique à ce processus en l'appelant « réseau du petit monde » (Watts et Strogatz, 1998). Le « réseau du petit monde » est utilisé par les chercheurs pour décrire comment les neurones sont connectés dans le cerveau humain (Bassett et Bullmore, 2006) ou comment ce processus de « liaisons et ponts » impacte et favorise la créativité et l'inventivité dans les groupes d'individus (Uzzi et Spiro, 2005), ainsi que le processus collectif de résolution de problèmes.

En résumé, la circulation des idées dans un groupe d'individus se produit grâce à deux processus : 1) le processus dit de « *contagion* » entre les individus : à l'instar des neurones qui transmettent des signaux dans notre cerveau ou des individus qui communiquent des idées et des comportements à l'intérieur d'un groupe, ainsi qu'entre groupes, dans le cadre d'un processus d'influence en « *cascade* », mais ce ne sont pas seulement les « *signaux* » qui comptent, il existe également un processus de 2) « *connexions* » : dans ce processus, s'il y a peu de connexions entre les individus d'un groupe, les idées ne peuvent pas se diffuser. Donc, idéalement, pour faciliter la circulation des idées, les groupes ont besoin d'une structure constituant un « *réseau du petit monde* » (Watts et Strogatz, 1998), générant un équilibre optimal de « *liens* » et de « *ponts* » dans le groupe.

6.3 Le processus d'innovation et la circulation des idées dans un groupe d'individus

Pour suivre et mieux comprendre la circulation des idées au sein d'un groupe, nous pouvons utiliser le modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011, p. 114) dans le but de mieux comprendre le processus d'innovation ou la manière dont les inventions circulent dans une société. Dans ce contexte, si nous reprenons le concept d'innovation qui décrit la diffusion des inventions, nous pouvons l'utiliser avec la « *théorie de la physique sociale* » pour mieux comprendre la diffusion ou la circulation des idées dans un groupe d'individus.

Ainsi, Cerisier (2014) revient sur la distinction entre invention et innovation. Il nous rappelle que l'invention est l'acte de créer pour la première fois et que l'innovation est une socialisation de l'invention ou son appropriation au niveau social (Cerisier, 2014). De cette façon, nous pouvons parler d'invention d'artefacts, comme dans le cadre de cette recherche, mais aussi d'invention d'idées, grâce aux nouvelles idées générées dans un groupe d'individus. Il est important de remarquer que, dans ce processus de socialisation d'une invention en général, nous pouvons innover avec de vieilles inventions ou avec de vieilles idées qui n'auraient peut-être pas encore été socialisées (Cerisier, 2014).

Les zones 1, 2 et 3 de la figure ci-dessus représentent le capital de pratiques instrumentales de chaque individu avec sa « zone proximale de développement » représentée par les zones 4, 5 et 6. L'environnement social de l'individu est représenté par les zones 1, 4 et 7 où se trouve un capital de pratiques instrumentales appartenant au contexte social de l'individu, avec sa zone proximale de développement de nouvelles pratiques représentée par les zones 2, 5 et 8, cette dernière jouant un rôle tant à l'échelle individuelle qu'à l'échelle collective. L'innovation consiste en l'appropriation d'une pratique instrumentale individuelle à l'échelle collective (Cerisier, 2014). Donc, l'objectif de ce modèle est de comprendre comment une pratique individuelle enrichit l'espace collectif en générant d'autres appropriations des pratiques individuelles (Cerisier, 2014).

Ce modèle essaye d'expliquer la circulation des pratiques à travers le processus d'instrumentation et d'appropriation d'un artefact. Ainsi, dans le cadre de cette recherche, nous pouvons adapter ce modèle pour mieux comprendre la circulation des idées dans un groupe d'individus en utilisant également les travaux de Loreto *et al.* (2016), lesquels essayent de prédire l'apparition de nouveautés ou d'inventions à une échelle collective. La *figure 3* illustre cette adaptation.

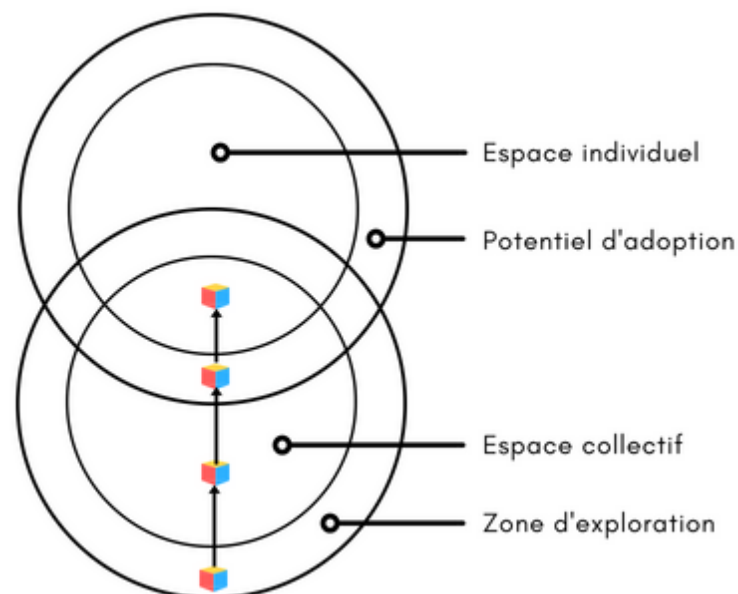


Figure 3. Processus pour mieux comprendre la circulation des idées d'un groupe d'individus au-delà de sa taille à partir du modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » de Cerisier (2011) et des travaux de Loreto *et al.* (2016).

Le modèle décrit dans la figure ci-dessus est représenté par deux grandes zones, le cercle supérieur représente l'individu et le cercle inférieur représente le groupe ou le contexte social ou collectif de l'individu. Chaque cercle a deux zones principales ; pour expliquer chaque zone, nous pouvons suivre la circulation d'une idée, représentée dans la *figure 3* par un cube : 1) une idée commence dans la zone d'exploration, que nous appelons aussi la « *zone de l'invention* » ; dans ce cas, l'idée est nouvelle pour l'individu et pour l'ensemble du groupe. 2) Ainsi, l'idée peut passer à la zone suivante : l'« *espace collectif du groupe* », où elle est accessible à tous les individus du groupe. 3) Une fois que l'idée est dans l'« *espace collectif du groupe* », elle peut potentiellement être adoptée par un individu ; nous appelons cette zone la « *zone potentielle d'adoption* » ou la « *zone de nouveauté* », où l'idée est une « *nouveauté* » pour un individu. 4) Si l'individu adopte l'idée, l'idée se déplace vers la zone de son « *espace individuel* » ; à ce stade, l'idée est à la fois dans l'espace de l'individu et dans l'espace collectif du groupe.

Nous allons utiliser ce modèle en parallèle avec le modèle de la *figure 1* décrit précédemment pour représenter la circulation des idées dans la structure collaborative et coopérative d'un groupe hétérogène d'individus appartenant au système éducatif chargé de concevoir un artefact numérique d'apprentissage.

Dans ce modèle, si l'individu est « *exposé* » plusieurs fois à une idée (représentée par un cube dans la *figure 3*), la probabilité de l'adopter est plus grande (Christakis et Fowler, 2009 ; Granovetter, 1977). Ce processus d'« *exposition* » se produit à chaque fois qu'une idée passe de l'« *espace collectif* » du groupe à la « *zone du potentiel d'adoption* » de l'individu.

6.4 La théorie de la physique sociale, la collaboration et la coopération

Si nous faisons le lien entre le modèle de la « *théorie de la physique sociale* » et le modèle qui décrit la circulation des idées dans un groupe d'individus (voir ci-dessus) avec les hypothèses de la présente recherche, nous devons intégrer à ces modèles le type de structure d'interaction au sein d'un groupe. Comme nous l'avons vu, ce type de structure peut être collaboratif ou coopératif.

Dans ce contexte, il est intéressant de remarquer que les recherches scientifiques menées autour de la « *théorie de la physique sociale* » n'ont pas abordé l'impact de la structure d'interactions d'un groupe d'individus sur le comportement et les résultats du travail collectif du groupe. Ainsi, cette recherche est susceptible d'intéresser la communauté scientifique non seulement en raison des hypothèses que nous formulons à propos du monde éducatif, et plus précisément en ce qui concerne la conception d'artefacts numériques d'apprentissage, mais aussi, de manière générale, en raison des interactions collaboratives et coopératives au sein d'un groupe d'individus, en ajoutant une nouvelle strate à la « *théorie de la physique sociale* », à savoir la structure d'un groupe.

La *figure 4* adapte précisément la « *théorie de la physique sociale* » au processus d'interactions collaboratives et coopératives au sein d'un groupe.

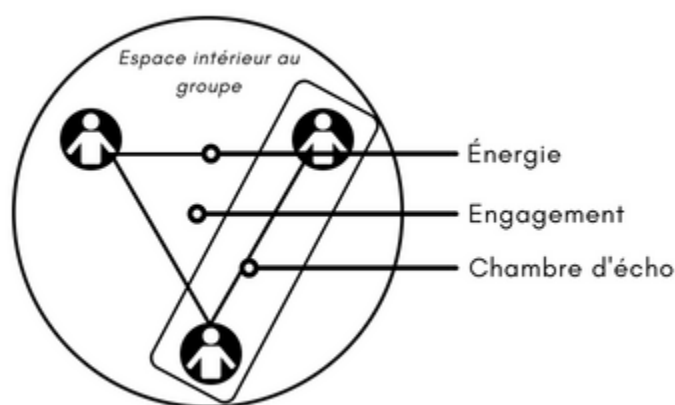


Figure 4. Adaptation du modèle de la « *théorie de la physique sociale* » (Pentland, 2015) en regardant uniquement les interactions à l'intérieur d'un groupe d'individus (au-delà de sa taille).

En ce qui concerne cette recherche, l'élément de l'« *exploration* » du modèle de la « *théorie de la physique sociale* » est garanti par l'hétérogénéité des individus du système éducatif participant à cette recherche, comme nous l'avons déjà remarqué, chacun amenant son « *monde* » ou son contexte au sein du groupe. Dans la *figure 4*, nous pouvons constater que la « *chambre d'écho* » du modèle est à l'intérieur du groupe.

Ce dernier point concerne justement une des hypothèses de cette recherche, selon laquelle une structure coopérative dans le groupe augmenterait la création des « *chambres*

d'écho » à l'intérieur d'un groupe, en pénalisant de cette façon l'égalité de participation des individus (l'« *énergie* ») et la distribution de l'information au sein du groupe (l'« *engagement* »), ce qui pourrait en retour impacter l'inventivité collective du groupe.

6.5 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons élargi le cadre théorique, basé sur la « *théorie de la physique sociale* » proposée par Pentland (2015), en ajoutant des éléments de la « *théorie des réseaux* » pour mieux comprendre la circulation des idées et des comportements dans un groupe d'individus, et en utilisant le modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011, p. 114), intégrant également à ce modèle les travaux de Loreto *et al.* (2016) pour mieux comprendre la circulation d'une idée entre l'espace collectif ou social d'un groupe d'individus et l'espace individuel d'un individu en particulier, en expliquant de cette façon le processus de socialisation d'une idée au sein d'un groupe.

Enfin, nous avons relié les modèles de la « *théorie de la physique sociale* », de la circulation des idées et le processus d'interactions collaboratives et coopératives au sein d'un groupe, ce qui nous permettra d'associer dans la partie suivante le cadre théorique et le cadre méthodologique de cette recherche.

Chapitre 7 : le processus de conception

7.1 Introduction

En 1969, Herbert Simon définissait le terme « *conception* » en disant que chaque fois que nous façonnons intentionnellement notre monde pour nous adapter, nous sommes en train de concevoir, et chaque fois que nous ne faisons pas cela, le monde nous arrive. Quand un individu, il y a 100 000 ans, ramassait une pierre et un silex et commençait à explorer et bricoler pour faire quelque chose qui pourrait mieux couper, cet individu était en train de concevoir parce qu'il façonnait intentionnellement le monde. À différents niveaux, nous avons toujours été des concepteurs en changeant les situations existantes en situations préférées (Simon, 1969).

La littérature ne s'est pas mise d'accord sur une définition de la notion de conception, mais la plupart des auteurs ajoutent à la définition ci-dessus les termes « *changement* » et « *résolution des problèmes* » (Jones, 1992 ; Lawson et Dorst, 2009 ; Nelson et Stolterman, 2014). Dans ce contexte, Norman (1991) définit les artefacts cognitifs comme des artefacts artificiels ou fabriqués par un humain qui maintiennent, affichent ou exploitent des informations afin de remplir une fonction de représentation, et qui affectent les performances cognitives humaines. Pour élargir la définition, la littérature attire également notre attention sur le fait que nous ne devrions pas uniquement nous concentrer sur les « *choses* », mais plutôt sur les pensées et les actions susceptibles de changer les pensées et les actions des autres individus dans le monde (J. C. Jones, 1992).

Pour mieux étudier un artefact, Simon (1969) propose de diviser l'artefact en un environnement intérieur et un environnement extérieur. Ce processus permet de prédire le comportement humain à partir de la connaissance des objectifs du système et de son environnement extérieur en ne faisant que des hypothèses minimales sur l'environnement intérieur. De cette manière, les artefacts peuvent avoir des fonctionnements internes très différents, mais ils peuvent remplir des fonctions et accomplir des objectifs similaires dans l'environnement extérieur (Simon, 1969), devenant ainsi un « *objet-frontière* » (Star, 2010).

Ainsi, un artefact peut être considéré comme un point d'intersection entre un environnement intérieur, représenté par la substance et l'organisation de l'artefact lui-même, et

un environnement extérieur, représenté par l'environnement dans lequel l'artefact opère. Si l'environnement intérieur est approprié à l'environnement extérieur, ou vice versa, l'artefact servira l'objectif prévu (Simon, 1969).

Pour Simon (1969), la description d'un artefact en termes d'organisation et de fonctionnement par l'observation de son interface entre un environnement intérieur et un environnement extérieur est l'un des principaux objectifs du processus de conception, ainsi que du processus d'invention. C'est la raison pour laquelle nous avons inclus ce chapitre axé sur la conception dans la revue de la littérature.

7.2 Théorie de la conception

Au cours des dernières années, le domaine de la science de la conception a reçu une attention croissante de la part de la communauté scientifique, notamment dans le domaine des systèmes d'information grâce à l'introduction de nouvelles technologies numériques (Orlikowski et Iacono, 2001). Dans ce contexte, il est difficile d'imaginer la science sans la théorie et il devient donc nécessaire de distinguer la théorie de la conception qui habite la science de la conception (Simon, 1969). Ainsi, dans le domaine de la conception, la théorie de la conception n'a pas pour fonction d'expliquer ou de prédire, mais plutôt d'informer en tenant compte du fait que la vérité informe la conception et que l'utilité informe la théorie (Hevner *et al.*, 2004).

Pour certains chercheurs, la théorie de la conception est considérée comme étant prescriptive, basée sur des fondements théoriques qui indiquent comment un processus de conception peut être réalisé d'une manière efficace en incluant des principes (Gregor et Jones, 2007 ; Walls *et al.*, 2004). La recherche prescriptive contraste généralement avec la recherche descriptive dans la mesure où elle se concentre sur l'amélioration des artefacts plutôt que sur la compréhension de ces artefacts (Gregor et Jones, 2007 ; March et Smith, 1995).

Il est important d'ajouter que la théorie de la conception est comprise à la fois comme la conception d'un artefact et comme la conception d'un processus à deux composantes essentielles : 1) la forme de la conception et 2) la forme et la structure du processus de conception (Simon, 1969). Nous pouvons faire la même distinction de la façon suivante : 1)

concevoir comme un artefact et 2) concevoir comme un processus de recherche (Hevner *et al.*, 2004).

Il faut tenir compte du fait que les théories de la conception servent également à fournir des explications fonctionnelles expliquant pourquoi les artefacts ont certains attributs et caractéristiques (Walls *et al.*, 2004). Ces théories expliquent les attributs de l'artefact lui-même ou de l'environnement intérieur et leur nécessité d'atteindre le but de l'artefact dans l'environnement extérieur (Simon, 1969 ; Walls *et al.*, 2004).

Pour résumer, la science de la conception élargit notre intérêt scientifique au-delà de l'explication des phénomènes existants, car elle crée une utilité très importante à travers la construction d'artefacts.

7.2.1 La conception, les artefacts et les interactions homme-machine

Comme nous l'avons vu précédemment, tout individu ou groupe d'individus qui façonne intentionnellement le monde pour s'y adapter est considéré comme un concepteur (Simon, 1969). Donc, l'objectif d'un concepteur n'est pas de construire un artefact parfait, mais de produire une expérience bénéfique dans le monde. Certains individus ou groupes d'individus ont tendance à être préoccupés par la perfection des artefacts qu'ils créent et visent à construire un artefact qui soit une merveille de technologie, mais qui peut s'avérer être difficile, déroutant et ne pas apporter de la valeur à l'individu ou au groupe d'individus qui l'utilisera (Norman, 1984).

Les expériences déterminent ce que les individus ressentent à propos de leurs interactions avec les artefacts, et les émotions déterminent si ces individus se sentent satisfaits et quel genre d'histoire ils vont raconter à d'autres individus (Norman, 1984). Par conséquent, la cognition et l'émotion sont étroitement liées (Norman, 2013).

Dans ce contexte, pour mieux comprendre la complexité de l'expérience qu'un individu éprouve quand il interagit avec un artefact, Norman (2013) propose cinq « *principes fondamentaux* » d'interaction que nous allons décrire ci-dessous.

7.2.1.1 Les affordances d'un artefact

Une « *affordance* » se réfère à un signal que l'artefact envoie à l'utilisateur pour lui indiquer comment utiliser cet artefact. Ce terme est étroitement lié à la notion de conception d'artefacts pour les capacités humaines. La notion d'« *affordance* » est déterminée conjointement par les qualités de l'artefact et les capacités de l'individu qui l'utilise, en tenant compte du fait que les capacités de l'utilisateur sont généralement inconnues.

Les individus apprennent à reconnaître les propriétés des artefacts en apprenant également les « *affordances* » qui sont habituellement fournies pour les faire fonctionner. En lien avec les « *affordances* » d'un artefact, il y a une différence importante entre la perception et la cognition. C'est la perception qui permet de voir un petit rectangle de métal apposé sur un grand rectangle en bois, mais il doit être cognitivement traité pour que nous reconnaissons que l'objet métallique est une poignée et que le l'objet en bois est une porte (Norman, 2013).

Les « *affordances* » d'un artefact existent même si elles ne sont pas visibles. Quand un individu ne peut pas comprendre comment utiliser un artefact, le problème n'est pas dû à l'absence d'« *affordance* », mais plutôt aux qualités que signalent les « *affordances* » à l'utilisateur ; ces propriétés de l'artefact sont appelées des « *signifiants* » (Norman, 2013).

7.2.1.2 Les signifiants d'un artefact

Comme nous l'avons dit, un « *signifiant* » indique à l'utilisateur qu'une « *affordance* » existe pour lui en l'invitant à utiliser l'artefact. Suivant le même exemple, une porte sans poignée a l'« *affordance* » qui permet à l'utilisateur de l'ouvrir, mais l'ajout d'une poignée suggère à l'utilisateur comment ouvrir la porte ; en l'omettant, les utilisateurs pourraient ne pas même savoir qu'il s'agit d'une porte.

Du point de vue de la conception d'un artefact, l'aspect visuel des « *affordances* » constitue un certain langage que les utilisateurs ont appris : nous avons appris, par exemple, qu'un bouton est destiné à ce que l'on appuie dessus, qu'un emplacement sert à y insérer quelque chose, qu'un commutateur peut être déplacé d'une position à l'autre. En ce qui concerne la communication entre l'artefact et l'individu, quand le processus de conception permet de réinventer les « *affordances* » déjà présentes dans la compréhension de l'utilisateur, il contribue à violer le langage connu du « *signifiant* », de telle sorte que les utilisateurs doivent apprendre

une manière différente de communiquer avec l'artefact. Dans ce contexte, les « *signifiants* » peuvent prendre leur propre sens ou être interprétés différemment par les utilisateurs. En particulier lorsque la signification de quelque chose n'est pas claire, les utilisateurs vont découvrir ou créer leurs propres significations.

Dans la conception, les « *signifiants* » sont plus importants que les « *affordances* », parce qu'ils communiquent la manière d'utiliser l'artefact pour atteindre un objectif plutôt que de laisser l'utilisateur s'engager dans un processus d'essai et d'erreur pour essayer de découvrir comment l'artefact devrait fonctionner. Le problème est qu'assez souvent, dans un processus de conception, les individus en charge de la conception d'un artefact confondent ou mélangent une « *affordance* » et un « *signifiant* » provoquant ainsi un problème de communication entre l'utilisateur et l'artefact.

Les « *signifiants* » d'un artefact sont étroitement liés à la « *cartographie* » de l'artefact. La « *cartographie* » d'un artefact est un terme emprunté aux mathématiques, qui se réfère à la relation entre les éléments de deux ensembles de choses. Concernant la conception, le terme fait référence à une situation dans laquelle la disposition des contrôles d'un artefact correspond à l'arrangement des éléments qu'ils contrôlent, en facilitant le processus de « *signification* » de l'artefact.

Un autre principe important à mentionner quant aux « *signifiants* » d'un artefact concerne le retour d'information que l'utilisateur reçoit de l'artefact. Ce retour d'information est une indication donnée à l'utilisateur selon laquelle il est en train de faire quelque chose avec l'artefact. Un bon retour d'information de la part de l'artefact est non seulement perceptible et immédiat, mais également informatif pour l'utilisateur.

7.2.1.3 Les modèles conceptuels de l'artefact et des utilisateurs

Dans le processus de conception d'un artefact, nous pouvons distinguer la génération de deux modèles mentaux, le modèle mental de l'utilisateur de l'artefact et le modèle mental du concepteur de l'artefact. Il est important de remarquer que c'est via le modèle mental de l'utilisateur que l'artefact deviendra un instrument (Lonchamp, 2012). Pour que les utilisateurs utilisent un produit avec succès, ils doivent avoir le même modèle mental que celui du concepteur (Norman, 2013).

Mais le concepteur ne communique avec l'utilisateur que via l'artefact lui-même. Toute la communication doit donc se faire via une « *image du système* » : l'information véhiculée par l'artefact lui-même (Norman, 1984). Les utilisateurs apportent leurs propres modèles conceptuels à l'artefact, mais ces modèles conceptuels peuvent différer des modèles conceptuels du concepteur. Dans ce contexte, le modèle conceptuel de l'utilisateur évolue au cours de son interaction avec l'artefact (Norman, 1984). Ainsi, la manière appropriée de concevoir un système complexe serait de développer un modèle conceptuel clair et cohérent, et de concevoir le système de sorte que le modèle mental de l'utilisateur coïncide avec le modèle mental du concepteur.

Dans ce modèle de communication, si le concepteur explique le raisonnement qui est sous-jacent au modèle, il sera beaucoup plus facile à l'utilisateur de découvrir le modèle conceptuel du concepteur. En d'autres termes, le processus de conception doit fournir aux utilisateurs, via l'artefact, non seulement des méthodes, mais aussi des raisons (de Souza, 2005).

Les systèmes essaient généralement de transmettre les actions qui doivent être entreprises à chaque moment d'une séquence. Les êtres humains sont des machines d'explications. Nous essayons toujours de comprendre le monde qui nous entoure et nous inventons des histoires pour expliquer les événements que nous vivons (Montessori, 1912, 1913). S'il existe suffisamment de preuves ou de connaissances, ces histoires sont raisonnablement exactes, mais en l'absence de telles informations, elles sont susceptibles d'être fausses (de Souza, 2005 ; Norman, 2013).

Il faut remarquer que ces « *principes fondamentaux* » d'interaction entre l'artefact et l'utilisateur ont été intégrés à la méthode de conception expliquée plus en détail au chapitre 1 de la partie V.

7.2.2 La conception participative, la collaboration et la coopération

Aujourd'hui, nous pouvons remarquer un changement de perspective concernant le processus de conception et les sciences humaines et sociales. Nous pouvons observer la transformation d'un processus de conception centré sur l'utilisateur (Norman, 1984) en un processus d'expériences participatives (Greenbaum et Kyng, 1992 ; Schuler et Namioka, 1993). C'est un changement d'attitude passant d'une conception pour les utilisateurs à une conception

avec les utilisateurs, ce changement de perspective nécessitant de nouvelles façons de penser (Norman, 2013) et également de coopérer et de collaborer. Ce nouveau processus admet que tous les individus à l'intérieur d'un système ont quelque chose à offrir au processus de conception des artefacts du système (Simon, 1969, Ehn, 1988, Binder et Brandt, 2008).

Certains chercheurs se sont davantage préoccupés de la façon dont les « *non-concepteurs* » articulent des propositions de conception de telle sorte qu'elles peuvent servir de point de départ au développement professionnel ultérieur, en soutenant des groupes particuliers d'utilisateurs potentiels dans la représentation du système ou de ces artefacts (Sanders, 2008). Certains chercheurs ont poursuivi la conception participative en fournissant des infrastructures ou des boîtes à outils pour aider les utilisateurs à adapter et à s'approprier une technologie conçue par d'autres individus dans le système (Goodell *et al.*, 1999).

Plus récemment, le domaine de la conception d'interactions a essayé de fournir aux futurs utilisateurs potentiels des kits de sondage leur permettant de concevoir et de produire du matériel d'inspiration pour les concepteurs traditionnels d'artefacts (Brereton et Buur, 2008), un processus d'interaction purement basé sur la coopération entre les concepteurs traditionnels d'artefacts et les utilisateurs de ces artefacts.

En ce qui concerne l'impact de ce processus de travail participatif d'interactions coopératives et de travail participatif d'interactions collaboratives, la littérature scientifique fait défaut et la plupart des chercheurs dans ce domaine n'établissent pas de différence claire entre coopération et collaboration.

7.2.2.1 La conception participative et le processus d'invention

Si nous reprenons la définition d'invention, elle fait le lien entre la perception de nouveauté ou d'originalité de l'artefact conçu et sa perception d'utilité. Dans ce contexte, la conception est la capacité à imaginer quelque chose qui n'existe pas encore pour le faire apparaître sous une forme concrète comme un ajout nouveau et utile au monde réel (Nelson et Stolterman, 2014). Le problème fondamental est que les concepteurs sont obligés d'utiliser l'information courante pour prédire un état futur qui ne se produira pas à moins que leurs prédictions soient correctes (Jones, 1992).

Lorsqu'un artefact ne fonctionne pas correctement ou n'atteint pas ses objectifs, la cause en est imputée à l'erreur humaine. Norman (2013) considère que lorsque les artefacts n'atteignent pas leurs objectifs ou, pire, provoquent des accidents, la première réaction consiste souvent à revendiquer une « *erreur humaine* » ou à considérer que la faute est imputable à l'utilisateur de l'artefact. Ainsi, il juge que c'est pour cette raison que le problème persiste ; nous ne remédions pas aux causes sous-jacentes en lien non seulement avec la perception de nouveauté, mais surtout avec la perception d'utilité de l'artefact.

Norman (2013) fait également observer que nous devons savoir ce qui a provoqué l'erreur dans le processus d'utilisation d'un artefact. Dans la majorité des cas, l'erreur humaine est le résultat d'une conception inappropriée de l'artefact ou des procédures.

Pour cette raison, il est important d'étudier le système des artefacts à concevoir, ainsi que la structure du processus de conception de ces artefacts à l'intérieur du système, en tenant plus spécifiquement compte de la structure des interactions des différents acteurs du système impliqués tant dans le processus de conception de ces artefacts que dans la complexité de leur utilisation (Norman, 2013).

7.3 Le processus de conception et le système éducatif

Il y a plus de 30 ans, Pierre Mœglin (1986) publiait « *La notion de besoins éducatifs : remarques sur l'introduction des nouveaux médias dans l'éducation* », où il synthétisait des années de recherches autour de la thématique de l'industrialisation de l'éducation. Le terme industrie désigne toute activité de transformation (Mœglin *et al.*, 2016) ; dans ce contexte, le siècle où John Dewey, Rudolf Steiner, Édouard Claparède, Jean Piaget, Célestin Freinet, Maria Montessori ou Alexander S. Neill ont apporté des transformations fondamentales au système éducatif peut être considéré comme le siècle de l'industrialisation de l'éducation (Mœglin *et al.*, 2016).

Ainsi, nous pouvons identifier différentes périodes de cette transformation de l'éducation : ce sont d'abord les précurseurs ou les pionniers, représentés par John F. Bobbitt et Joseph Wilbois dans les années 20 jusqu'à la fin des années 60 avec Burrhus F. Skinner ; ce sont ensuite les critiques ou les traditionalistes défendant la tradition de l'institution représentés par

les idées d'Harold A. Innis et ses opposants représentés par Ivan Illitch accusant le traditionalisme de l'institution et promouvant une rénovation par l'industrialisation. À partir des années 60, c'est le temps de l'ingénierie pédagogique avec Philip H. Coombs aux États-Unis, Gilbert Paquette au Canada et Jacques Perriault, Geneviève Jacquinet, Guy Berger et Monique Linard en France (Moeglin *et al.*, 2016).

Mais la question fondamentale consiste à séparer le processus d'industrialisation de l'éducation elle-même de la conception des programmes et des artefacts d'apprentissage afin de mieux analyser et d'éclairer les mutations des organisations, ainsi que des artefacts du système éducatif (Moeglin, 1998 ; Moeglin *et al.*, 2016).

Comme nous l'avons remarqué précédemment, la littérature montre l'importance de prendre en considération l'intégralité du système d'un artefact à concevoir, puisque tous les acteurs à l'intérieur du système ont quelque chose à offrir à la conception de ces artefacts (Simon, 1969).

En ce qui concerne le système éducatif, nous avons déjà remarqué que dans le meilleur des cas, ce processus de conception et de construction est coopératif. Chaque acteur du système éducatif coopère d'une manière ou d'une autre avec le reste des acteurs en ayant pour but de construire l'artefact (Moeglin, 2010), mais dans la plupart des cas, en ce qui concerne les artefacts numériques d'apprentissage, ce processus est réalisé en isolation (Cuban, 1986), il est en effet parfois demandé aux utilisateurs finaux de tester certains artefacts une fois qu'ils ont été fabriqués. Le manuel scolaire numérique montre clairement ce processus, avec une coopération dans la conception de l'artefact numérique d'apprentissage entre les acteurs chargés de construire la partie technique et le contenu et la demande faite aux utilisateurs finaux de tester le produit fini (Leroy, 2012).

Si nous revenons à la notion de transformation du terme industrie par rapport aux artefacts d'apprentissage, la littérature nous a montré justement cette incapacité de transformation des artefacts d'apprentissage à partir des années 1920 (Cuban, 1986, 2008), en rencontrant aujourd'hui le même problème avec l'introduction du numérique dans la technique des artefacts d'apprentissage (Cuban, 2001, 2008). Dans ce contexte, la littérature se concentre principalement sur les mutations de ces artefacts d'apprentissage tout au long de l'histoire sans

examiner la complexité de la structure de leur processus de conception au sein du système éducatif.

7.4 Synthèse

L'objectif de ce chapitre était de passer en revue la littérature relative au processus de conception afin de mieux comprendre le processus de conception d'artefacts en général et les interactions homme-machine en particulier. Quant au processus de conception dans un système en général, nous avons remarqué le changement de perspective concernant le processus de conception et les sciences sociales, en observant une transformation d'un processus de conception centré sur l'utilisateur à celui d'expériences participatives. Nous avons également fait le lien avec la structure coopérative et collaborative du processus de conception et l'inventivité d'un groupe. Enfin, nous avons relié le processus de conception et le terme d'industrialisation dans le système éducatif.

Pour finir, il est important de rappeler que l'activité de conception en soi peut être généralisée à n'importe quelle activité impliquant la conception d'une solution afin de résoudre un problème donné.

Chapitre 8 : synthèse et positionnement

Dans cette partie, nous avons mobilisé six champs de recherche différents en commençant par les modalités de l'action collective, question qui est au cœur de ce travail. Ainsi, dans le deuxième chapitre de cette partie, nous avons exploré les principaux éléments de l'action collective par rapport à nos questions de recherche et à nos hypothèses, en évoquant la coordination des groupes collaboratifs et coopératifs, ainsi que l'évolution de la collaboration et de la coopération. Nous avons également évoqué le rôle de la performance individuelle et collective dans un groupe d'individus en nous concentrant sur la performance collective, puisqu'elle est en lien avec notre question de recherche ainsi qu'avec nos hypothèses. Ainsi, nous avons évoqué les facteurs qui déterminent cette performance collective et, enfin, nous avons fait le lien entre l'action collective, plus spécifiquement la collaboration et la coopération, et les interactions assistées par ordinateur, car le cadre expérimental de ce travail de recherche, pour des raisons scientifiques (éviter l'impact des hiérarchies entre les individus d'un groupe) et techniques (tracer les interactions des individus d'un groupe), a été réalisé avec ce type d'interactions.

Il faut remarquer que, dans ce deuxième chapitre concernant l'action collective, nous avons souligné l'importance de l'hétérogénéité d'un groupe d'individus par rapport à sa performance créative et inventive (Comstock, 2012 ; Hewlett *et al.*, 2013 ; Loyd *et al.*, 2013 ; Phillips, 2014 ; Phillips *et al.*, 2006), en montrant en même temps que les caractéristiques personnelles des individus n'impactent pas la performance créative et inventive d'un groupe, et que ce sont plutôt les dynamiques de travail du groupe qui ont un impact sur cette performance (Pentland, 2015).

Le paragraphe précédent peut paraître contradictoire, mais quand nous parlons d'hétérogénéité, nous faisons référence au « monde » propre à chaque individu, c'est-à-dire aux idées et représentations que chaque individu amène au sein du groupe et pas aux caractéristiques individuelles de chaque individu (Dezsö et Ross, 2011), telles que son niveau d'intelligence ou son potentiel créatif individuel.

À partir des modalités de l'action collective, ce travail s'intéresse au produit de cette action collective qui, dans notre cas, est en lien avec l'inventivité collective d'un groupe

d'individus. C'est pour cette raison que, dans le troisième chapitre de cette partie, nous avons exploré le processus d'invention individuelle et collective en faisant la différence entre nouveauté, invention et innovation, puisque ce travail se concentre uniquement sur l'invention. Ainsi, nous avons abordé également tout ce qui consiste à mesurer une invention ou, dans le cas de cette recherche, un produit de l'action collective. Enfin, nous avons fait le lien entre le processus d'invention et le deuxième chapitre de cette partie, c'est-à-dire les dynamiques de travail collaboratif et coopératif.

Ainsi, l'objectif des chapitres 2 et 3 de cette partie était de créer un lien entre les modalités de l'action collective et le produit de cette action collective, ce qui correspond aux trois variables qui concernent cette recherche : la collaboration, la coopération (les modalités de l'action collective) et l'invention collective (le produit ou le résultat de cette action collective).

Le cœur de ce travail est représenté par ces deux chapitres, mais les modalités de l'action collective et le produit de cette action collective mobilisent d'autres champs que nous avons intégrés à notre cadre théorique. Ces champs mobilisés dans les chapitres 4, 5 et 6 vont nourrir le champ concernant les modalités de l'action collective.

Le premier de ces champs est abordé dans le chapitre 4 et concerne les « *objets-frontières* » et la « *théorie des réseaux* », puisque, comme nous l'avons remarqué précédemment, chaque individu amène au sein du groupe son propre « *monde* » sous la forme d'idées et de représentations individuelles (Bowker et Star, 2000 ; Star, 2010).

Ces idées et représentations individuelles vont ensuite circuler et se diffuser au sein du groupe (Cerisier, 2011). C'est dans ce contexte qu'il s'avère intéressant de mobiliser le champ de la « *théorie des réseaux* », puisque nous sommes intéressés par les connexions des individus au sein d'un groupe collaboratif et coopératif.

Le chapitre 5 mobilise la « *théorie de la physique sociale* » de Pentland (2015), il a pour objectif de mesurer et de quantifier les interactions des individus dans des groupes collaboratifs et coopératifs et de créer le lien avec l'inventivité collective, puisque cette théorie s'intéresse aux dynamiques du travail collectif et à son impact sur la performance d'un groupe (mesuré en productivité, créativité ou inventivité).

L'objectif de ce chapitre était de mobiliser différents éléments concernant l'action collective afin de créer un cadre pour quantifier les interactions des individus dans un groupe de travail à travers de l'analyse des traces d'interactions (qui communique avec qui et comment). Nous avons identifié trois éléments pour mesurer ces traces : 1) le nombre total de contributions (idées), la distribution du taux de contributions au sein du groupe et 3) l'exploration des nouvelles idées (présente à travers l'hétérogénéité des individus d'un groupe).

Dans ce contexte, ce que nous voulons analyser, ce sont les dynamiques des interactions d'un groupe d'individus (obtenues grâce aux traces d'interactions) et pas le contenu de ces interactions, qui fait l'objet d'une analyse subjective (il n'est pas possible de déterminer si l'idée d'un individu au sein d'un groupe de travail est bonne ou mauvaise au moment où l'idée est soumise au groupe) (Engel *et al.*, 2014 ; Olgúin *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014).

Il convient de noter les limites de ce nouvel instrument d'analyse des données, il permet aux chercheurs d'analyser simultanément les variables collectives et individuelles des interactions sociales au détriment des médiations (Cardon, 2015).

Comme nous l'avons indiqué précédemment, nous avons fait le choix de ce nouvel instrument d'analyse pour des raisons scientifiques (disposer d'un instrument pour tracer les interactions) et techniques (compte tenu de la diversité des participants, nous avons besoin de leur donner la possibilité de travailler à leur rythme en asynchrone), tout en étant conscients de ses limites, surtout en ce qui concerne ses effets réducteurs.

Pour achever la mise en forme de notre cadre théorique concernant les modalités de l'action collective, le chapitre 6 met en relation la « *théorie de la physique sociale* » et les deux modalités de l'action collective qui intéressent cette recherche, la collaboration et la coopération, grâce à la mobilisation de différents éléments liés à la circulation des idées au sein d'un groupe d'individus.

En se concentrant sur le rôle des connexions entre les individus d'un groupe, ainsi que sur le rôle des contagions dans la diffusion de l'information (dans le cadre de cette recherche, les idées), ce chapitre propose une version adaptée du modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011, p. 114) afin de mieux comprendre la

circulation des idées dans un groupe, ce qui complète le cadre théorique correspondant aux modalités de l'action collective.

Ainsi, ces cinq chapitres donnent forme à notre cadre théorique autour des deux éléments relatifs à nos variables d'intérêt : 1) les modalités de l'action collective (la collaboration et la coopération) et 2) le produit de cette action collective (l'invention collective).

Enfin, le chapitre 7 est consacré au processus de conception, puisque, comme le produit de l'action collective passe par un processus de conception, nous mobilisons à la fin des éléments en lien avec la conception d'artefacts, en faisant le lien entre la conception participative (liée aux modalités de l'action collective) et l'invention (le produit de l'action collective). La dernière partie de ce chapitre consacré au processus de conception fait le lien entre la conception et le système éducatif, car les modalités de l'action collective et le produit de cette action collective se déroulent dans cette recherche autour du processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage pour le système éducatif (un manuel scolaire numérique d'histoire).

La quatrième partie décrit le cadre méthodologique de cette recherche, lequel met en place les six champs du cadre théorique décrits ci-dessus dans le cadre d'une recherche expérimentale.

Partie IV : cadre méthodologique

Cette partie présente l'approche méthodologique globale et explique pourquoi certaines méthodes de recherche ont été préférées à d'autres. En particulier, une approche expérimentale est proposée, mettant clairement l'accent sur les principales variables de cette recherche : la collaboration, la coopération et l'invention. En outre, cette partie expose les méthodes de collecte et d'analyse des données utilisées dans l'expérience. Ainsi, cette partie est subdivisée comme suit.

Chapitre 1 : introduction à la partie IV

Chapitre 2 : une recherche expérimentale

Chapitre 3 : focus sur l'analyse

Chapitre 4 : collecte des données

Chapitre 1 : introduction à la partie IV

Sur la base du cadre théorique décrit dans la partie précédente, nous avons mis en place une expérimentation scientifique afin de tester les deux hypothèses décrites dans le chapitre 3 de la partie II.

Nous décrirons en détail le déroulement de cette expérimentation dans le chapitre 3 de la partie V. Cependant, afin de comprendre les sections qui suivent, il est important de procéder à une description générale de la mise en place de l'expérimentation menée dans le cadre de cette recherche.

Six groupes de conception ont été constitués avec différents acteurs du système éducatif. Chaque groupe se composait d'un élève, d'un parent d'élève, d'un enseignant d'histoire, d'un enseignant d'une discipline autre que l'histoire, d'un formateur, d'un inspecteur académique, d'un personnel de direction, d'un personnel de direction stagiaire et d'une personne associée à la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage.

Les participants sélectionnés ont été répartis de façon aléatoire en six groupes. Nous avons accordé une attention particulière à la distribution des participants en fonction du genre afin d'avoir dans chaque groupe 50 % de représentants du sexe masculin et 50 % de représentants du sexe féminin.

Les participants n'ont pas été informés de l'expérimentation scientifique, ils ont été uniquement informés de leur contribution au projet industriel REMASCO, en leur expliquant qu'ils allaient uniquement travailler à distance (sans se voir ni se connaître) avec les autres membres de leur équipe de travail. Chaque participant savait qu'il allait travailler avec les acteurs du système éducatif décrits ci-dessus, mais il ne pouvait pas savoir qui était qui. Nous allons décrire en détail la méthode de conception mise en place ainsi que l'outil de communication utilisé dans les chapitres 1 et 2 de la partie V. Avant de commencer l'expérimentation, les participants ont été formés à la méthodologie de travail, également décrite dans la partie V, et à l'outil qui allait leur permettre d'interagir à distance et qu'ils utiliseraient pendant les trois mois du travail de conception.

Dans ce contexte, nous avons mis en place un cadre de recherche divisant les six groupes de travail en deux grandes catégories : trois groupes travaillant de façon collaborative représenteraient les groupes expérimentaux, et les trois autres groupes travaillant de façon coopérative représenteraient les groupes de contrôle. Ce cadre de recherche fait l'objet d'une description plus détaillée dans la partie V de cette recherche.

Pendant les trois mois d'expérimentation, nous avons relevé toutes les interactions des individus de chaque groupe afin de tracer la circulation des idées des trois groupes collaboratifs et des trois groupes coopératifs, nous permettant de mieux comprendre les dynamiques de travail collaboratives et coopératives.

Enfin, afin de mesurer l'impact de ces deux dynamiques de travail sur l'inventivité collective, nous avons évalué, avec des élèves et des enseignants (les utilisateurs) ainsi qu'avec des professionnels en lien avec la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage, chaque production (les fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) issue des trois mois de travail pour mesurer son niveau d'inventivité.

L'ensemble de ce processus est présenté en détail dans les parties IV et V, les analyses des résultats obtenus de l'expérimentation sont décrites dans la partie VI.

Chapitre 2 : une recherche expérimentale

2.1 Introduction

Sur la base des conclusions tirées de l'analyse du cadre théorique, il a été décidé de concevoir, développer et évaluer de façon quantitative l'impact d'une structure d'interaction collaborative et coopérative dans un groupe d'individus appartenant au système éducatif sur l'inventivité collective du groupe au moment de concevoir un artefact numérique d'apprentissage, un manuel scolaire numérique d'histoire dans le cas de cette recherche. L'approche retenue est celle d'une analyse mixte (qualitative et quantitative) relative à la relation de la modalité collective de l'activité et la solution à concevoir. Élaborée en cohérence avec les exigences du cadre théorique, la démarche peut se résumer comme suit :

- former plusieurs groupes inter-catégoriels constitués d'individus représentant le système éducatif et leur assigner comme objectif de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire (l'artefact numérique d'apprentissage) ;
- établir une méthode de conception afin de guider chaque groupe d'individus tout au long du processus de conception du prototype des fonctionnalités de l'artefact d'apprentissage numérique ;
- fournir une infrastructure technique en ligne afin d'influencer l'interaction collaborative et/ou coopérative des individus des différents groupes pendant le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage, opération qui nous permettra également de tracer les interactions des individus de chaque groupe (qui interagit avec qui) tout en mesurant quantitativement les éléments d'« énergie » et d'« engagement » à partir du modèle de la « théorie de la physique sociale », ainsi que l'« exposition » des individus aux nouvelles idées.
- mieux comprendre la représentation que chaque individu se fait de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir. En l'absence d'un instrument visant à mieux comprendre un artefact en tant qu'« objet-frontière » (Star et Griesemer, 1989), nous avons utilisé un instrument inspiré et simplifié à partir des travaux

d'Abrie (2003) nous permettant d'identifier la représentation que chaque individu se fait de l'artefact à concevoir, afin d'établir le lien entre l'artefact vu comme un « *objet-frontière* » par chaque individu et l'impact, qui est lié à l'« *exposition* » de l'individu aux nouvelles idées pendant le processus de conception, sur la représentation de l'artefact.

La méthode expérimentale, associée au contrôle offert par un plateau technique en laboratoire, maximise la validité interne d'une recherche, mais certains chercheurs affirment que, dans ce contexte, le risque serait d'avoir une faible validité écologique (Bernard, 2012). La validité écologique, ou le réalisme banal se réfère à la proximité du laboratoire par rapport à la manière dont les individus ressentiraient naturellement le phénomène. Dans un laboratoire, les chercheurs essaient de trouver une traduction expérimentale des phénomènes tels qu'ils se produisent naturellement ; c'est ce qu'on appelle le réalisme expérimental (Campbell et Stanley, 1963). La traduction expérimentale peut se révéler très différente de ce qui se passe dans la vie réelle. Cela ne signifie pas pour autant que, dans le cadre du laboratoire, la construction n'est pas correctement conçue ou que les manipulations et mesures sont incorrectes ni que les résultats de laboratoire ne pourront pas être étendus à d'autres instances plus naturelles de la relation étudiée (Bernard, 2012 ; Campbell et Stanley, 1963).

En outre, la recherche sur le terrain se prête spontanément à l'observation du comportement naturel à l'état « *sauvage* », mais la recherche sur le terrain peut être expérimentale (Bernard, 2012). En ce qui concerne cette recherche, nous avons décidé de concevoir et d'établir le terrain de recherche dans le cadre d'un projet industriel pour simuler l'environnement écologique de l'étude tout en contrôlant, comme dans une recherche expérimentale, les variables d'intérêt et de désintérêt.

Comme nous l'avons remarqué, les modèles de recherche expérimentale maximisent la validité interne d'une recherche, devenant ainsi une des meilleures défenses de la science contre les explications alternatives à un phénomène spécifique (Bernard, 2012 ; Campbell et Stanley, 1963). Dans ce chapitre, nous décrivons l'approche empirique choisie dans le cadre de cette recherche, ainsi que les variables d'intérêt, la fiabilité et la validité de la conception de recherche tout en expliquant le déroulement de l'expérience scientifique.

2.2 L'approche expérimentale

Il existe trois types fondamentaux de modèles de conception de recherche expérimentale : les conceptions pré-expérimentales, les conceptions expérimentales ou vraies expériences, et les conceptions quasi-expérimentales. Les conceptions pré-expérimentales sont nommées ainsi parce qu'elles suivent des étapes expérimentales de base, mais n'incluent pas un groupe de contrôle. En d'autres termes, un seul groupe est souvent étudié, mais aucune comparaison avec un groupe de non-traitement équivalent n'est faite. Un modèle quasi-expérimental ressemble à une conception expérimentale, mais il manque d'assignation aléatoire des participants aux différents groupes de comparaison.

Les conceptions expérimentales sont caractérisées par la sélection aléatoire des participants et l'assignation aléatoire des participants aux groupes de l'étude, le chercheur ayant un contrôle complet sur les variables externes, lui donnant la possibilité de manipuler la variable indépendante. Par conséquent, on peut déterminer que l'effet sur la variable dépendante est directement attribuable à la manipulation de la variable indépendante. Pour ces raisons, les conceptions expérimentales sont souvent considérées comme le meilleur type de conception de recherche (Bernard, 2012).

Il existe quatre types de modèles expérimentaux ou vraies expériences :

- conception à deux groupes : les participants sont affectés au hasard à l'une des deux conditions, habituellement une condition expérimentale, où la cause hypothétique est présente, et une condition de contrôle où elle est absente. La variable indépendante pourrait également différer entre les conditions en montant ou en nature. Dans la conception à deux groupes, la variable dépendante est mesurée après exposition à la variable indépendante pour évaluer la différence entre les conditions, qui sont susceptibles d'être similaires à tous égards en raison de l'assignation aléatoire, y compris leur position préexistante sur la variable dépendante ;
- conception prétest - posttest à deux groupes : dans des groupes très réduits, l'assignation aléatoire ne fonctionne pas toujours. Dans de tels cas, il peut être judicieux d'utiliser une condition prétest - posttest à deux groupes, qui ajoute un

prétest de la variable dépendante avant l'exposition à la variable indépendante. C'est une condition particulièrement utile lorsque la maturation constitue une menace plausible pour la validité interne (Bernard, 2012). L'inconvénient est qu'un prétest peut parfois sensibiliser les participants, conduisant à un impact sur l'évaluation du posttest ; il peut également alerter les participants sur le but de l'étude ;

- conception à quatre groupes de Salomon : il existe un moyen de pris en compte des effets indésirables d'un prétest, en utilisant une conception à quatre groupes de Salomon. Il s'agit d'une combinaison de la conception à deux groupes et de la conception prétest - posttest à deux groupes. Les conditions expérimentales et de contrôle sont exécutées deux fois, une fois avec un prétest et une fois sans prétest ;
- une dernière conception très commune est la conception de mesures répétées avec un facteur dans les sujets. Dans cette conception, tous les participants sont exposés à tous les niveaux de la variable indépendante et ils connaissent toutes les conditions. La seule caractéristique différente des conceptions précédentes est que l'assignation aléatoire des participants n'est pas aux conditions (expérimentale ou de contrôle) elles-mêmes parce qu'elles les éprouvent toutes, mais à l'ordre dans lequel les conditions sont expérimentées par les participants.

En ce qui concerne cette recherche, la conception avec un prétest n'est pas adaptée afin de ne pas alerter les participants sur la finalité de l'étude, mais surtout pour des raisons pratiques, puisque nous avons choisi de réaliser l'expérimentation dans un cadre écologique à travers un projet industriel (le projet REMASCO) pour concevoir et développer un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire. C'est pour cette même raison que nous ne pouvons pas utiliser les deux dernières conceptions de recherche décrites ci-dessus. Ainsi, cette recherche utilise une conception de recherche expérimentale à deux groupes. Comme nous l'avons remarqué dans l'introduction de cette partie, nous avons divisé les six groupes de travail en deux grandes catégories : trois groupes travaillant de façon collaborative représentent les groupes expérimentaux et les trois autres groupes travaillant de façon coopérative représentent les groupes de contrôle.

Une fois déterminée la conception de recherche, il y a trois éléments de recherche expérimentale que nous devons examiner :

- la manipulation : le chercheur a la possibilité de modifier ou de manipuler délibérément la variable indépendante, qui est le traitement ou l'état qui sera appliqué aux groupes expérimentaux. Il est important d'établir des directives de procédure claires pour l'application du traitement afin de favoriser la cohérence et de garantir que la manipulation elle-même affecte la variable dépendante. Dans le cas de cette recherche, nous avons besoin de contrôler la structure des interactions des groupes à comparer (entre modalité coopérative et modalité collaborative) ;
- le contrôle : le contrôle est utilisé pour empêcher que des facteurs ou variables externes puissent influencer le résultat de l'étude. Cela garantit que le résultat est lié à la manipulation de la variable indépendante. Par conséquent, un élément essentiel de la démarche expérimentale consiste à maintenir toutes les autres variables constantes. Concernant cette recherche, dans le cadre théorique, nous avons remarqué que les caractéristiques personnelles de chaque individu ne jouent pas un rôle déterminant dans la performance collective du groupe. Les facteurs les importants à prendre en compte sont les dynamiques d'interaction du groupe (Duhigg, 2016 ; Engel *et al.*, 2014 ; Olgún *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014). Notre objectif est de contrôler la structure d'interaction (collaborative et coopérative) de chaque groupe (la variable indépendante) ;
- l'attribution aléatoire : une caractéristique importante de la conception expérimentale est l'attribution aléatoire des participants dans les groupes. Les participants devraient disposer d'une chance égale d'affectation à un groupe dans le cadre de l'expérience. Cela garantit en outre que le résultat de l'étude est dû à la manipulation de la variable indépendante et n'est pas influencé par la composition des groupes de test. En ce qui concerne cette recherche en particulier, la distribution aléatoire des participants renforce avec le point précédent, la validité interne de l'étude (Bernard, 2012).

2.2.1 Variables d'intérêt et variables de désintérêt

Le terme construction est utilisé pour indiquer que nous parlons d'une propriété en général en termes abstraits. Une hypothèse décrit ou explique une relation entre des constructions. Le terme variable fait référence à une version opérationnalisée d'une construction. Une variable est une expression spécifique et concrète de la construction, elle est mesurable ou manipulable. Les variables sont donc des propriétés mesurées ou manipulées qui prennent des valeurs différentes (Bernard, 2012).

Les variables d'intérêt sont celles qui sont centrales dans le cadre de notre hypothèse. Quand une cause et un effet ne peuvent pas être identifiés ou lorsqu'une direction causale n'est pas évidente ou même intéressante, nos variables se trouvent sur un pied d'égalité et nous nous référons simplement à elles en tant que variables. Mais lorsque notre hypothèse a une cause et un effet, nous nous référons alors à la variable de cause comme variable indépendante et à la variable d'effet comme variable dépendante. La variable indépendante fait référence à une variable supposée causée ou prédite par une autre variable. Par ailleurs, la variable dépendante est supposée être influencée par la variable de cause ou être le résultat d'une autre variable, ses valeurs dépendant d'une autre variable. En ce qui concerne cette recherche, comme nous l'avons déjà remarqué, les deux variables d'intérêt utilisées dans le cadre de l'expérimentation sont la structure d'interactions collaboratives et coopératives et le niveau d'inventivité collective d'un groupe mesuré à travers la conception d'un artefact numérique d'apprentissage, qui, dans le cas de l'expérimentation, est un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

Les variables de désintérêt concernent les propriétés qui ne font pas l'objet principal de l'étude, mais elles peuvent être associées aux variables d'intérêt et fournir des explications alternatives possibles. Nous pouvons identifier trois types de ces variables : 1) les variables confusionnelles, liées à la fois à la variable indépendante et à la variable dépendante, et expliquant partiellement, voire entièrement, la relation entre ces deux variables. Dans ce cas, nous devons contrôler la variable confusionnelle en nous assurant qu'elle a la même valeur pour tous les participants ; 2) une variable de contrôle est une propriété qui est susceptible d'être liée à la variable indépendante et dépendante, tout comme une variable confusionnelle, mais contrairement à une variable confusionnelle, une variable de contrôle peut être mesurée, et ses

effets peuvent donc être évalués et contrôlés ; 3) les variables d'arrière-plan sont un type de variable qui n'est pas immédiatement pertinent pour la relation entre les variables d'intérêt, mais pertinent pour déterminer à quel point les participants de notre recherche sont représentatifs pour un groupe plus important. Pour cette raison, il est intéressant de savoir combien de représentants des deux sexes ont participé à l'expérimentation, quel était leur âge moyen, leur contexte culturel, leur statut socioéconomique, leur niveau d'éducation ou tout ce qui est pertinent pour l'étude en question.

Les variables de désintérêt sont représentées par les dynamiques d'interaction identifiées dans le cadre théorique qui pourront avoir une influence sur la performance d'un groupe en général. Dans ce contexte, pendant l'expérimentation, nous devons contrôler les variables suivantes, tant pour les trois groupes expérimentaux que pour les trois groupes de contrôle : 1) la sécurité psychologique des individus dans le groupe qui renvoie à la perception qu'a un individu, au sein du groupe, des conséquences d'une prise de risque interpersonnelle et de son impact collectif (Edmondson, 1999), amenant ainsi l'ensemble des participants à proposer une nouvelle idée à l'ensemble du groupe en toute confiance, sans crainte de jugement ou de punition ; 2) la confiance et la « *dépendance* » entre les individus du groupe, amenant les individus à accomplir le travail ensemble, ce qui contribue à développer la confiance dans le groupe (De Jong et Elfring, 2010 ; Jones, 1984) ; 3) la clarté des objectifs du groupe, le sens et l'impact du travail, nous amenant à rappeler que, d'après la littérature, il n'y a pas de différence selon que les objectifs sont fixés au niveau de l'individu ou du groupe ; ils doivent toutefois être spécifiques, stimulants et atteignables (Duhigg, 2016 ; Steward et Barrick, 2000).

Il existe d'autres variables de désintérêt que certaines recherches signalent comme des dynamiques d'interaction importantes. Cependant, d'autres études récentes réalisées par une équipe de chercheurs qui a analysé 50 années de recherche sur le fonctionnement des équipes, ainsi que des enquêtes et des entretiens approfondis avec 180 groupes de travail chez Google (Duhigg, 2016) ont montré que ces dynamiques n'ont pas un impact significatif sur la performance d'un groupe d'individus ; parmi ces dynamiques, nous pouvons distinguer : 1) la proximité (physique) des individus dans le groupe, 2) la taille du groupe et 3) la charge de travail du groupe.

Toutes les variables de désintérêt décrites dans le cadre théorique ont été contrôlées au moyen de la méthode de conception conçue et développée sur la base du cadre théorique de cette recherche et décrit en détail dans la partie V.

2.3 La validité interne de l'expérimentation

Nous pouvons identifier différentes menaces quant à la validité interne d'une étude scientifique en général. En ce qui concerne cette recherche, il est important pour le déroulement de l'approche expérimentale de prendre en considération les menaces à la validité interne décrites ci-dessous.

2.3.1 Les participants

En ce qui concerne les participants de l'expérimentation, nous pouvons identifier trois possibles menaces à la validité interne de l'étude.

2.3.1.1 La maturation

La maturation fait référence à une explication alternative due à un changement naturel qui ne doit rien à l'expérimentation. En introduisant un groupe de contrôle qui est mesuré en même temps, mais n'est pas exposé à la cause hypothétique, les chercheurs peuvent éliminer cette explication alternative du changement naturel en utilisant une conception de recherche expérimentale à deux groupes. En ce qui concerne cette recherche, la menace de maturation nous oblige à introduire plusieurs groupes expérimentaux et de contrôle (trois groupes collaboratifs et trois groupes coopératifs) dans le cadre de l'expérimentation.

2.3.1.2 Sélection

Comme nous l'avons vu, la sélection fait référence à toute différence systématique des caractéristiques des participants entre les groupes autres que celles des variables indépendantes. Une solution à cette menace consiste à utiliser une méthode d'attribution aux groupes garantissant qu'une différence systématique sur les caractéristiques des individus est hautement improbable. Dans le cas d'une recherche expérimentale, cette méthode est appelée attribution aléatoire (décrit ci-dessus). Dans le cadre de cette recherche, nous remarquons que le rôle des dynamiques d'interaction du groupe est plus important que les caractéristiques personnelles de

chaque individu dans le groupe en ce qui concerne la performance collective du groupe (Duhigg, 2016 ; Engel ; Olguín *et al.*, 2009 ; Onnela *et al.*, 2014).

2.3.1.3 Sélection par maturation

Cela se produit lorsque les groupes diffèrent systématiquement dans leur taux de maturation (un groupe unique change au cours du temps). Tout comme la sélection en soi, la menace de la sélection par maturation peut être éliminée par l'assignation aléatoire des participants aux groupes.

2.3.2 Les instruments

En ce qui concerne les instruments de l'expérimentation, nous pouvons identifier trois menaces possibles à la validité interne de l'étude.

2.3.2.1 Faible validité de construction

La validité de la construction est faible si nos instruments contiennent un biais systématique ou mesurent entièrement une autre construction ou propriété. De cette façon, la validité de construction est une condition préalable à la validité interne. Si nos instruments de mesure ou nos méthodes de manipulation sont de mauvaise qualité, nous ne pouvons rien déduire de la relation entre les constructions hypothétiques. Dans le cas de cette recherche, nous nous sommes intéressés à mesurer deux variables, le niveau de collaboration et de coopération dans un groupe d'individus à partir de notre cadre théorique, et le niveau d'inventivité de chaque prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire (l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir) conçu par chaque groupe, évalué de façon qualitative et individuelle par différents acteurs du système éducatif, en quantifiant ces évaluations sur la base du cadre théorique. La procédure de collecte des données est décrite en détail dans le chapitre 4 de cette partie.

2.3.2.2 Instrumentation

La menace relative à l'instrumentation se produit quand un instrument est remplacé au cours de l'étude. Dans le cas spécifique de cette recherche, la menace la plus grande était liée au fonctionnement de l'outil, qui facilitait les interactions des individus, puisqu'il traçait

également ces interactions ; il était donc essentiel d'assurer le bon fonctionnement de l'outil pendant les trois mois de l'expérimentation.

2.3.2.3 Test

L'administration d'un test ou d'une procédure de mesure peut affecter le comportement des individus. Une menace de test se produit si cet effet sensibilisant de la mesure fournit une explication alternative à nos résultats. Comme nous l'avons vu, cette menace peut être éliminée en introduisant un groupe de contrôle. Dans ce cas, les deux groupes seront également affectés par l'effet du test, mais l'ajout d'un groupe de contrôle n'est cependant pas toujours suffisant ; dans certains cas, le prétest risque de sensibiliser les individus du groupe de contrôle différemment des individus du groupe expérimental. Une solution consiste à ajouter un groupe expérimental et de contrôle qui n'a pas fait l'objet d'un prétest. Concernant cette recherche, les tests ont été réalisés de façon « *invisible* » pour les individus, en traçant toutes leurs interactions. Dans une autre partie du protocole, nous avons introduit un pré et un post questionnaire afin de mieux comprendre la représentation de l'artefact numérique à concevoir par les individus, mais l'introduction de ces questionnaires n'a en aucun cas alerté les participants, compte tenu en outre que le processus de conception représentait pour les individus un projet industriel visant la conception d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

2.3.3 L'artificialité

Une autre catégorie de menaces à la validité interne d'une étude scientifique est associée à la réaction artificielle ou non naturelle causée par la participation à une étude de recherche. Cela peut être une réaction du participant, mais aussi du chercheur. Par exemple, dans la plupart des cas, les personnes observées sont conscientes d'être observées. Ainsi, le chercheur et les participants ont des attentes quant à l'objectif de l'étude et au comportement souhaité.

2.3.3.1 Attentes du chercheur

Si l'attente d'un chercheur a un effet de biais, nous appelons cette menace à la validité interne un effet d'expectative de l'expérimentateur. Les attentes ou les expectatives de l'expérimentateur se réfèrent à un changement inconscient dans le comportement d'un chercheur causé par des attentes par rapport au résultat qui influence les réponses des

participants. Dans ce cas, si l'expérimentateur qui interagit avec les participants ne sait pas quel est le comportement attendu, il ne sera pas capable d'influencer inconsciemment les participants. Nous appelons cela une conception expérimentale aveugle.

Dans le cas de cette recherche, la procédure de collecte des données est faite en minimisant au maximum l'intervention de l'expérimentateur ; dans le cas de la variable indépendante (la structure d'interaction collaborative et coopérative du groupe), la collecte de données est automatique grâce à un logiciel de traçage utilisé pour mesurer les éléments d'« énergie » et d'« engagement » de la « théorie de la physique sociale ». Dans le cas de la variable dépendante, le modèle pour mesurer l'inventivité d'un artefact (Sarkar et Chakrabarti, 2011) est basé sur l'évaluation des brevets et combine la « théorie de résolution des problèmes inventifs » (Altshuller, 1996) et le modèle « Fonction-Comportement-Structure » (Chakrabarti *et al.*, 2005), y ajoutant la perception d'utilité d'un artefact tout en essayant de minimiser l'intervention du chercheur.

2.3.3.2 Caractéristiques de la demande

En ce qui concerne le participant, il peut également avoir des attentes quant au but de l'étude. Les participants, conscients qu'ils sont des sujets dans une étude, chercheront à comprendre ce que l'étude essaye d'évaluer. Les caractéristiques de la demande font référence à un changement dans le comportement des participants en raison de leurs attentes par rapport à l'étude. Les caractéristiques de la demande sont particulièrement problématiques si les individus réagissent aux indices différemment dans le groupe de contrôle que dans le groupe expérimental. Pour cette raison, il est pertinent de ne pas informer les participants du but réel de l'étude ou, tout au moins, de faire en sorte qu'ils ignorent dans quel groupe (expérimental ou de contrôle) ils se trouvent. Si le participant et l'expérimentateur ne sont pas informés du but de l'étude, l'expérience est appelée conception de recherche en double aveugle. Dans certains cas, les chercheurs viennent habituellement avec une histoire de couverture. Celle-ci est une explication plausible du but de l'étude. Elle devrait fournir aux participants des signaux qui ne sont pas susceptibles de biaiser leur comportement.

Comme nous l'avons déjà remarqué, l'histoire de couverture de cette recherche est le projet industriel dont le but est de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

2.3.4 Le déroulement

En ce qui concerne le déroulement de la recherche, nous pouvons identifier trois menaces possibles quant à la validité interne de l'étude scientifique.

2.3.4.1 Histoire

Un effet historique est un événement imprévu qui se produit au cours de l'étude et qui fournit une explication alternative. Cela pourrait être un événement de grande envergure ou autre chose qui tourne mal pendant la collecte des données. Cette menace est très difficile à contrôler, mais en contrôlant les autres menaces décrites ci-dessus, il est possible de la minimiser. En ce qui concerne l'expérimentation dans le cadre de cette recherche, nous avons contrôlé tous les détails susceptibles d'impacter l'expérimentation, sans avoir rencontré d'ennuis pendant les trois mois qu'a duré le processus de conception (l'expérimentation).

2.3.4.2 Mortalité

La menace de « *mortalité* » se réfère au décrochage des participants de l'étude. Dans ce cas, si les groupes sont comparés et que l'abandon est différent dans ces groupes, cela pourrait fournir une explication alternative. La menace de mortalité est très difficile à prévoir et, dans la plupart des cas, le mieux qu'un chercheur peut faire est de documenter les raisons de l'abandon, de sorte que ces raisons puissent être étudiées et éventuellement atténuées dans d'autres études. Tous les participants à cette recherche ont été choisis en fonction de leur motivation concernant le projet industriel sous-tendant l'étude scientifique. L'expérimentation étant relativement longue, nous avons essayé de minimiser les problèmes personnels potentiels des participants.

2.4 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'approche méthodologique globale en expliquant pourquoi certaines méthodes et conceptions de recherche expérimentale ont été préférées dans le cadre de cette recherche. Plus particulièrement, nous avons choisi d'utiliser une conception

de recherche expérimentale à deux groupes (qui, dans le cas particulier de cette recherche, étaient constitués de trois groupes de travail collaboratifs et de trois groupes de travail coopératifs) en montrant les éléments à prendre en considération au moment de concevoir la recherche en général et l'expérimentation en particulier, en contrôlant les variables d'intérêt, ainsi que les variables de désintérêt pouvant jouer un rôle important dans les résultats de la recherche. Enfin, nous avons présenté les menaces éventuelles à la validité interne de cette recherche et les options dont nous disposons pour minimiser leur impact sur les résultats de recherche. Tous ces éléments seront mis en œuvre lors de l'expérimentation de recherche, expliquée en détail dans le chapitre 3 de la partie V.

Chapitre 3 : focus sur l'analyse

3.1 Introduction

L'objectif principal de cette recherche est de montrer la relation entre les formes d'interactions au sein de groupes de travail représentant différents types d'acteurs du système éducatif au moment de concevoir un artefact numérique d'apprentissage et l'impact de ces interactions sur l'inventivité collective du groupe. Dans ce contexte, deux formes d'interaction dans ce processus de conception ont été identifiées, définies et décrites lors des parties précédentes de ce travail : les interactions collaboratives et les interactions coopératives.

Alors que cette recherche vise à contribuer à la compréhension du manque d'inventivité des artefacts numériques d'apprentissage en général et des manuels scolaires numériques en particulier, l'objectif principal de l'analyse est de montrer de façon générale l'impact de ces deux formes d'interaction sur l'inventivité collective d'un groupe d'individus concevant la solution à un problème donné.

Ainsi, ces objectifs d'analyse incluent : 1) l'évaluation de la circulation des idées dans un groupe collaboratif et dans un groupe coopératif en définissant un « *coefficient de collaboration* » pour déterminer si un groupe est plus collaboratif ou coopératif grâce à la quantité d'interactions (l'« *énergie* ») et à la distribution de l'information dans le groupe (l'« *engagement* »); 2) l'évaluation du niveau d'inventivité de chaque artefact numérique d'apprentissage (un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) conçu par les groupes collaboratifs et coopératifs et 3) une meilleure compréhension de l'effet de l'influence individuelle et collective dans les groupes collaboratifs et coopératifs au moment de la conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

À cet égard, divers facteurs doivent être pris en considération, notamment les variables de désintérêt décrites au chapitre précédent, la robustesse technique du système d'interactions collaboratives pour tracer les interactions des participants de chaque groupe, le cadre d'évaluation des prototypes de fonctionnalités des manuels scolaires numériques d'histoire et la représentation des différents acteurs du système éducatif de l'artefact numérique

d'apprentissage à concevoir avant et après les interactions pendant le processus de conception de ces artefacts.

3.2 Analyse des processus de collaboration, de coopération et d'invention collective

Afin de répondre aux questions de recherche et de tester nos deux hypothèses principales, nous avons besoin de concevoir un système d'analyse pour mesurer nos variables d'intérêt : une structure de groupe collaboratif, une structure de groupe coopératif et le niveau d'invention collective d'un artefact numérique d'apprentissage.

3.2.1 Collaboration et coopération

La revue de la littérature ne montre pas clairement la façon de mesurer le niveau de collaboration ou de coopération d'un groupe d'individus. Ce qu'elle souligne, c'est une concentration sur les effets de la collaboration (dans la plupart des cas, indistinctement de la coopération) sur l'apprentissage ou la performance en général, mais sans analyser ou évaluer les détails de ce processus de collaboration (ou de coopération).

Par conséquent, cette recherche ne s'intéresse pas à la question de savoir si la collaboration est efficace ou non, mais plutôt à celle de savoir comment la différence entre un processus d'interaction collaboratif et un processus d'interaction coopératif peut avoir une incidence sur l'invention collective d'un groupe d'individus appartenant à l'ensemble du système éducatif et ayant pour tâche de concevoir un artefact numérique d'apprentissage. Cette question oriente l'analyse vers les aspects de l'interaction humaine plutôt que ceux d'un pré et post test (Stahl, 2002).

Le cadre théorique, axé sur la « *théorie de la physique sociale* », présente un modèle associé à la question suivante « *comment un groupe d'individus collabore ou coopère ?* » à travers deux éléments principaux : 1) l'« *énergie* », en rapport avec la quantité d'interactions entre deux individus et 2) l'« *engagement* » permettant d'analyser la façon dont l'information circule et est distribuée dans un groupe.

Dans ce contexte, il est logique que l'analyse de la collaboration et de la coopération prenne en considération ces deux éléments du modèle de la « *théorie de la physique sociale* ». Ainsi, nous pouvons utiliser la « *théorie des réseaux* » pour mesurer de façon quantitative chaque élément décrit dans le modèle. L'analyse des réseaux repose sur l'hypothèse de l'importance des relations entre les unités en interaction (Wasserman et Faust, 1994). La perspective du groupe englobe les théories, les modèles et les applications qui sont exprimés en termes de concepts ou de processus relationnels.

En plus de l'utilisation de concepts relationnels, nous pouvons mentionner quatre aspects qui jouent un rôle important dans un groupe d'individus et sont à prendre en considération dans une analyse d'interactions au sein d'un réseau (Wasserman et Faust, 1994) : 1) les individus ou les acteurs et leurs actions sont considérés comme interdépendants plutôt qu'indépendants les uns des autres ; 2) les liens relationnels entre les individus ou les acteurs sont des canaux de transfert ou de « *circulation* » de ressources matérielles ou immatérielles (comme les idées) ; 3) les modèles de réseau axés sur les individus considèrent l'environnement structurel du réseau comme offrant des opportunités ou des contraintes sur l'action individuelle et 4) les modèles de réseau conceptualisent la structure en tant que modèles durables de relations entre les individus ou les acteurs d'un groupe.

L'unité d'analyse dans l'analyse des réseaux n'est pas l'individu, mais une entité constituée d'une collection d'individus et des liens entre eux. Les méthodes et les algorithmes de l'analyse des réseaux mettent l'accent sur les dyades (deux acteurs et leurs liens), les triades (trois acteurs et leurs liens) et les sous-systèmes dans le système d'interaction (sous-groupes d'individus) (Wasserman et Faust, 1994). Ainsi, l'analyse des réseaux est apparue comme un ensemble de méthodes et d'algorithmes visant à analyser les structures sociales ; des méthodes et des algorithmes spécifiquement orientés vers une étude des aspects relationnels de ces structures. L'utilisation de ces méthodes et algorithmes dépend donc de la disponibilité des données relationnelles plutôt que des attributs (Scott et Carrington, 1992).

Nous pouvons identifier différents niveaux d'analyse (Scott et Carrington, 1992 ; Wasserman et Faust, 1994) : 1) au niveau individuel, nous pouvons calculer les indicateurs de centralité utilisés pour identifier les individus ayant le plus de connexions dans un groupe ainsi que les individus les plus isolés ; 2) au niveau dyadique, nous pouvons calculer la quantité

d'interactions entre deux individus ; 3) au niveau triadique, nous pouvons calculer le niveau des connexions entre trois individus ou plus grâce à un indicateur appelé « *modularité* », lequel permet d'identifier des sous-groupes au sein du groupe.

En ce qui concerne cette recherche, nous entendons utiliser les méthodes et les algorithmes d'analyse des réseaux pour calculer les éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* » de la « *théorie de la physique sociale* » décrits dans le cadre théorique. Comme nous l'avons indiqué, l'élément d'« *énergie* » est calculé par la fréquence des interactions entre deux individus, en obtenant la fréquence d'interaction individuelle et en calculant la moyenne normalisée des variables centrées réduites de l'ensemble du groupe afin d'obtenir une seule valeur par groupe représentant l'élément d'« *énergie* » (fréquence d'interactions) de tout le groupe. En ce qui concerne l'élément d'« *engagement* », il est calculé à partir d'un algorithme capable d'identifier des sous-groupes dans l'ensemble d'un groupe (Blondel *et al.*, 2008). Cet indicateur montre comment le groupe se divise en sous-groupes avec des connexions denses au sein des sous-groupes et des connexions plus clairsemées entre les sous-groupes. Cet algorithme donne au chercheur une valeur normalisée représentant l'indicateur appelé « *modularité* » de l'ensemble du groupe.

Ainsi, le logiciel « *Gephi* » calcule la distribution de l'information (l'élément « *engagement* » de la « *théorie de la physique sociale* ») à partir d'un élément appelé « *modularité* », qui est une mesure de la structure d'un réseau (un groupe d'individus dans le cas de cette recherche). La « *modularité* » mesure la manière dont un réseau ou un groupe se décompose en communautés. D'un point de vue technique, la modularité est la fraction des liens dans un groupe moins la fraction attendue si les liens étaient distribués au hasard. La valeur de la modularité pour les groupes avec de liens non pondérés et non dirigés est comprise entre -1 et 1.

Comme nous l'avons remarqué, cet élément a été conçu pour mesurer la force de la division d'un groupe d'individus (le réseau) en sous-groupes (ce qui caractérise la coopération entre les individus d'un groupe). Les groupes à « *forte modularité* » sont constitués d'un ensemble d'individus entretenant des liens solides, leur permettant, de cette façon, d'identifier les sous-groupes qui se forment à travers ces liens ou les interactions entre les individus au sein du groupe (Newman, 2006). Une valeur de « *modularité* » proche de 1 montre une distribution

plus homogène de l'information dans le groupe et une valeur de modularité proche de 0 montre une distribution de l'information plus fragmentée. Nous avons utilisé la bibliothèque « *NetworkX* » du langage de programmation « *Python* » et le logiciel « *Gephi* » pour calculer la « *modularité* » des six groupes de conception. Ainsi, nous avons utilisé la valeur de « *modularité* » de chaque groupe comme la valeur de l'élément « *engagement* » puisque les deux renvoient à la même définition : la distribution de l'information dans un groupe ou un réseau.

À partir des valeurs normalisées des éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* », nous pouvons calculer le coefficient de collaboration de chaque groupe sur la base de la formule suivante :

$$\text{coefficient de collaboration (CC)} = \text{énergie (E)} \times \text{engagement (EN)}$$

La formule ci-dessus nous donne une valeur qui va de 0 à 1 représentant respectivement la variable indépendante : la COOPÉRATION (0) et la COLLABORATION (1). Dans le cadre de l'expérimentation de cette recherche, nous avons manipulé l'élément d'« *engagement* » pour les groupes coopératifs, puisque, comme nous allons l'expliquer au chapitre 3 de la partie V, à travers la méthodologie de travail, les trois groupes coopératifs se divisaient en sous-groupes à chaque étape du processus de conception (expliqué dans la partie V) de l'artefact numérique d'apprentissage. Enfin, il est important de remarquer que l'élément d'« *énergie* » était issu des interactions entre les individus de chaque groupe pendant le processus de conception.

Ainsi, le pouvoir explicatif combiné de ces mesures, en prenant conscience des limites de l'analyse de traces d'interaction, est considéré comme suffisant pour répondre aux questions de recherche concernant les hypothèses relatives à cette section.

3.2.2 L'inventivité d'un artefact numérique d'apprentissage

Comme nous l'avons observé dans la littérature, les termes « *invention* » et « *innovation* » sont souvent utilisés indistinctement, faisant allusion assez souvent au terme « *progrès* » (Cerisier, 2014). Dans la littérature, nous rencontrons en général des propositions visant à mesurer et à analyser la créativité individuelle (Kaufman *et al.*, 2008) et collective (Woolley *et al.*, 2010).

En ce qui concerne l'analyse de l'inventivité exclusivement, nous trouvons des analyses qui essaient de comprendre ce processus d'un point de vue surtout individuel (Crouch, 1989 ; Friedel et Israel, 2010 ; Gertner, 2013 ; Philip, 1985) et moins souvent collectif (Allen, 1983 ; Cowan et Jonard, 2003), mais, dans les deux cas, la plupart de la littérature se concentre sur la compréhension de ce processus inventif.

La seule approche pour tenter de mesurer l'inventivité d'un artefact conçu tant par un individu que par un groupe d'individus est le processus d'évaluation des brevets (Nuvolari, 2004) visant à déterminer principalement la « *perception de nouveauté* », « *la perception d'utilité* » et l'« *évidence* » d'un artefact afin de décider s'il s'agit d'une invention ou pas. Sarkar et Chakrabarti (2011) suggèrent que la détermination du degré de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* » des potentiels utilisateurs est essentielle pour identifier les différences incrémentales d'inventivité d'un artefact, et proposent un modèle d'évaluation de l'invention qualitative d'un artefact nous permettant en même temps une comparaison quantitative des niveaux d'inventivité entre les artefacts liés (Sarkar et Chakrabarti, 2011).

Ainsi, nous pouvons identifier deux éléments dans l'évaluation de l'inventivité d'un artefact : 1) la « *perception de nouveauté* » par rapport aux artefacts précédents connus par les utilisateurs potentiels et 2) la « *perception d'utilité* » de l'artefact pour les utilisateurs potentiels. Quant à la « *perception de nouveauté* », Sarkar et Chakrabarti (2011) proposent un modèle d'évaluation qui combine la « *théorie de résolution des problèmes inventifs* » (Altshuller, 1996) et le modèle « *Fonction-Comportement-Structure* » (Chakrabarti *et al.*, 2005).

Une façon de déterminer la « *perception de nouveauté* » d'un artefact récemment développé par rapport à des artefacts antérieurs consiste à comparer les fonctionnalités du nouvel artefact avec celles des artefacts précédents (Sarkar et Chakrabarti, 2011). Un modèle largement utilisé à cet égard est le modèle « *Fonction-Comportement-Structure* ». Sur la base de la revue de la littérature, ce modèle est défini comme suit (Chakrabarti *et al.*, 2005) : 1) la « *fonction* » décrit ce que fait un artefact, elle est à un niveau d'abstraction plus élevé que le « *comportement* », 2) le « *comportement* » décrit la façon dont un artefact fonctionne. C'est généralement à un niveau d'abstraction inférieure à la « *fonction* » et 3) la « *structure* » décrit les éléments et les interfaces avec lesquels l'artefact et son environnement d'interaction immédiate sont élaborés.

Puisque la littérature a montré que les nouveaux produits sont ceux qui sont à la fois nouveaux (récemment générés) et originaux (apparaissant pour la première fois dans l'histoire), Sarkar et Chakrabarti (2011) soutiennent que si les fonctions d'un nouvel artefact sont différentes de celles des autres artefacts disponibles, l'artefact doit être nouveau et présenter le plus haut degré de nouveauté. Dans ce contexte, le besoin de l'artefact n'a été satisfait par aucun autre artefact au moment de son introduction. Dans ce même sens, si la structure d'un nouveau produit correspond à celle de tout autre produit disponible, le nouveau produit n'est pas nouveau ; dans le cas contraire, il doit être considéré comme nouveau.

Ce qui a été décrit ci-dessus nous permet d'identifier si un artefact est nouveau ou pas. La méthode détermine également si un artefact a un certain degré de nouveauté. Cependant, il ne serait pas possible d'évaluer le degré relatif de nouveauté d'un artefact en le comparant à d'autres artefacts, ce à quoi cette recherche s'intéresse justement. Pour Chakrabarti *et al.* (2005), la fonctionnalité d'un artefact est décrite en référence à un modèle de causalité qui utilise un ensemble de constructions élémentaires. Ces constructions sont illustrées dans la *figure 5* et sont définies comme suit : 1) le « *phénomène* » est l'interaction entre l'artefact et son environnement ; 2) le « *changement d'état* » est défini par le changement de propriété de l'artefact (et de l'environnement) impliqué par l'interaction ; 3) l'« *effet* » est le principe qui régit l'interaction ; 4) l'« *action* » est la description abstraite ou l'interprétation de haut niveau de l'interaction ; 5) l'« *entrée* » est la quantité physique (matériel, énergie ou information) provenant de l'extérieur des limites de l'artefact, et elle est essentielle pour l'interaction ; 6) les « *organes* » sont les propriétés et les conditions de l'artefact et de l'environnement requises pour l'interaction et 7) les « *parties* » sont les éléments physiques et les interfaces qui constituent l'artefact et l'environnement.

Nous pouvons décrire les relations entre ces constructions de la façon suivante : les « *parties* » sont nécessaires pour créer des « *organes* ». Les « *organes* » et les « *entrées* » sont nécessaires pour activer les « *effets physiques* ». L'activation des « *effets physiques* » est nécessaire pour créer des « *phénomènes physiques* » et des « *changements d'état* », et les « *changements d'état* » sont interprétés comme des « *actions* » ou des « *entrées* » et créent ou activent des « *parties* » (Sarkar et Chakrabarti, 2011).

Précédemment nous avons vu qu'une différence au niveau de la « *fonction* » déterminait un artefact comme ayant une « *perception de nouveauté* » très élevée. Pour les artefacts de faible « *perception de nouveauté* », nous pouvons identifier d'autres attributs de nouveauté qui sont différents des artefacts existants au moins au niveau du composant physique (la « *structure* »). Pour les artefacts qui n'ont pas un niveau de « *perception de nouveauté* » très élevé, les constructions de « *changement d'état* » et d'« *entrée* » constituent le niveau le plus élevé de « *perception de nouveauté* » auquel ils peuvent être classés par rapport à d'autres artefacts. Par conséquent, si deux artefacts, l'un nouveau et l'autre existant, remplissent la même « *fonction* », et que le nouvel artefact diffère de l'artefact existant par rapport aux six autres constructions (sauf l'« *action* »), le nouvel artefact est déterminé comme ayant une « *nouveauté élevée* » (Sarkar et Chakrabarti, 2011).

Les artefacts qui sont différents des artefacts existants au niveau des « *effets physiques* » ou des « *phénomènes physiques* » sont plus novateurs que ceux qui ne sont différents qu'au niveau des « *organes* » ou des « *parties* ». Ainsi, nous pouvons déterminer qualitativement que ces artefacts ont une « *perception de nouveauté moyenne* ». De même, si un nouvel artefact est différent des artefacts existants uniquement en termes d'« *organes* » ou de « *parties* », l'artefact est qualitativement considéré comme ayant une « *faible perception de nouveauté* » (Sarkar et Chakrabarti, 2011).

La *figure 5* illustre via un diagramme des flux la procédure, décrite ci-dessus, visant à évaluer le niveau de « *perception de nouveauté* » d'un artefact.

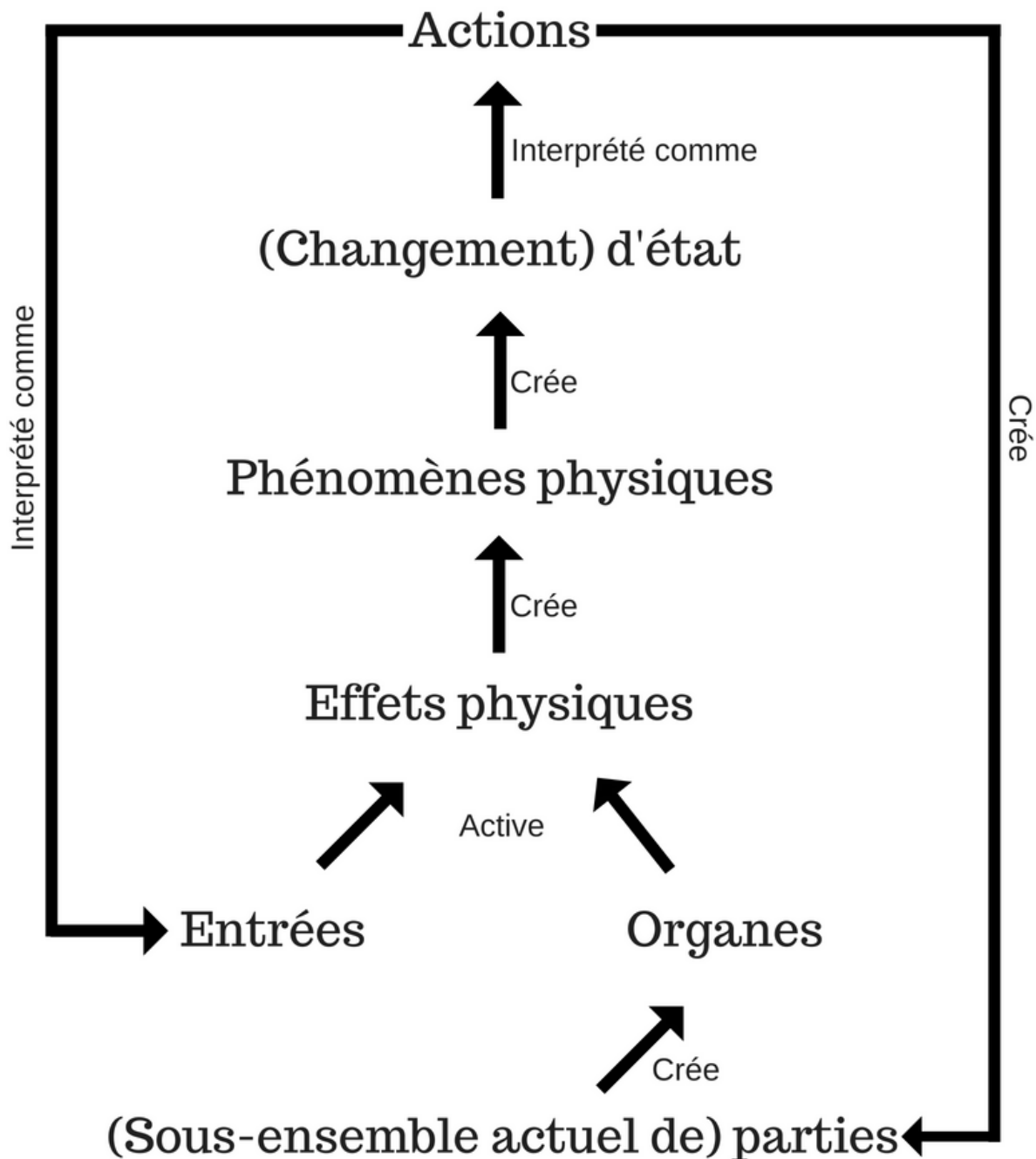


Figure 5. Diagramme de flux pour évaluer le niveau de « perception de nouveauté » d'un artefact (Sarkar et Chakrabarti, 2011).

Pour que le modèle d'évaluation de l'invention soit complet, nous devons ajouter au modèle de Sarkar et Chakrabarti (2011) basé sur la « théorie de résolution des problèmes inventifs » (Altshuller, 1996) et au modèle « Fonction-Comportement-Structure » (Chakrabarti

et al., 2005) la « *perception d'utilité* » d'un artefact. Dans la littérature, nous comprenons que les artefacts perçus comme « *utiles* » sont ceux qui ont une « *valeur individuelle ou sociale* » et que l'utilité peut être utilisée pour représenter cette valeur (Sternberg et Lubart, 1999).

Comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature concernant la partie du domaine de la conception, nous n'avons pas pu trouver une mesure directe pour analyser la « *perception d'utilité* » d'un artefact en général. Sarkar et Chakrabarti (2011) utilisent une version basée sur la notation des artefacts sur la base d'une méthode proposée par Shah et Vargas-Hernandez (2003) visant à mesurer la « *qualité* » d'un artefact en utilisant une variante de la « *méthode objective pondérée* ». Cette approche vise à mesurer la perception d'utilité d'un artefact en utilisant une notation qualitative pour évaluer : 1) l'importance de l'utilisation d'un artefact, 2) la popularité de l'artefact et 3) la durée du bénéfice de l'artefact.

Mais cette approche tente d'évaluer la « *perception d'utilité* » d'un artefact déjà socialisé, ce qui engendre une nouvelle confusion entre les termes d'invention et d'innovation. Pour cette raison, nous préférons utiliser une version d'une méthode proposée par Benedek et Miner (2002) pour évaluer l'opportunité d'un artefact, que nous avons adaptée au système éducatif. Il s'agit d'un modèle qualitatif dans lequel les utilisateurs potentiels de l'artefact doivent l'évaluer à partir d'une collection de cartes reflétant les caractéristiques de l'artefact, ainsi que les expériences positives et négatives faites autour de cet artefact. Une fois que l'utilisateur potentiel a évalué tous les prototypes, Sarkar et Chakrabarti (2011) proposent de lui demander de faire une classification en comparant chaque prototype à partir des évaluations concernant la « *perception d'utilité* » de l'artefact, en quantifiant l'évaluation qualitative et en obtenant une valeur normalisée représentant la « *perception d'utilité* » de l'artefact.

Compte tenu des utilisateurs potentiels (élèves et enseignants) et personnes en lien avec la conception d'artefacts d'apprentissage numériques qui ont évalué le niveau d'inventivité des 6 prototypes (maquettes), nous avons choisi de simplifier l'évaluation du niveau de la « *perception de nouveauté* » et de la « *perception d'utilité* » de chaque prototype.

Ainsi, ce processus d'évaluation s'est déroulé comme suit :

Pour la « *perception de nouveauté* » : 1) suite à la présentation des fonctionnalités de chaque prototype, nous avons demandé aux évaluateurs d'analyser la nouveauté de chaque

prototype en fonction de 3 facteurs : comment le contenu sera affiché par les fonctionnalités, l'interaction entre les fonctionnalités et les utilisateurs, et l'impact des fonctionnalités sur l'utilisateur et son environnement, 2) nous avons ensuite demandé aux utilisateurs d'identifier les prototypes avec des nouveautés par rapport aux 3 facteurs précédents, et 3) en fonction de ce premier classement, nous avons demandé aux évaluateurs de classer de façon descendante de 1 (le prototype avec le plus haut niveau de « *perception de nouveauté* ») à 6 (le prototype avec le niveau plus bas de « *perception de nouveauté* »). De cette façon, chaque prototype avait une valeur normalisée de 1 à 6 concernant la « *perception de nouveauté* ».

Pour la « *perception d'utilité* » : 1) pour chaque prototype, et par rapport à la « *perception d'utilité* », nous avons demandé aux évaluateurs des fonctionnalités de chaque prototype d'associer à chaque prototype 5 cartes à partir d'une liste de cartes que nous leur avons proposée, chaque carte avait un des mots suivants :

Impressionnant	Inspirateur	Intuitif	Motivant	Essentiel	Significatif	Passionnant
Flexible	Cohérent	Utile	Abordable	Créatif	Personnalisable	Souhaitable
Facile à utiliser	Efficace	Accessible	Attrayant	Pratique	Simple	Confortable
Stimulant	Gain du temps	De grande valeur	Rigide	Indésirable	Complexe	Trop technique
Stressant	Compliqué	Surchargé	Ennuyeux	Déroutant	Daté	Difficile
Déconnecté	Distraction	Attendu	Difficile à utiliser	Vieux	Sans importance	Intimidante
Inefficace	Inconsistant	Incompréhensible	Prévisible	Suffocante	Inabordable	

Il faut remarquer qu'il était possible d'utiliser la même carte pour plusieurs prototypes. L'objectif de ces cartes (mots) était d'aider les évaluateurs à identifier des éléments positifs et négatifs par rapport à la « *perception de l'utilité* » des fonctionnalités des prototypes. 2) À partir des cartes choisies pour chaque prototype, comme pour la « *perception de nouveauté* », nous

avons demandé aux évaluateurs de classer les 6 prototypes de façon descendante de 1 (les fonctionnalités du prototype avec le plus haut niveau de « *perception d'utilité* ») à 6 (les fonctionnalités du prototype avec le moins niveau de « *perception d'utilité* »), mais cette fois, pour la « *perception d'utilité* ». Comme dans le cas de la « *perception de nouveauté* », à partir de cette classification, chaque prototype avait une valeur normalisée de 1 à 6 concernant la « *perception d'utilité* ».

Enfin, comme dans le cas de l'analyse du niveau de collaboration dans un groupe d'individus représenté par un « *coefficient de collaboration* » normalisé, l'objectif de cette section dédiée à l'invention est d'obtenir un « *coefficient d'invention* » collective à partir des deux éléments décrits ci-dessus (la « *perception de nouveauté* » de l'artefact et sa « *perception d'utilité* »), en utilisant la formule suivante :

$$\text{coefficient d'invention (IC)} = \text{perception de nouveauté (PN)} \times \text{perception d'utilité (PU)}$$

Ainsi, en ce qui concerne spécifiquement l'expérimentation scientifique de cette recherche, la formule ci-dessus nous donnera une valeur de 0 à 1 représentant l'évaluation d'un utilisateur potentiel du niveau d'inventivité de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle.

3.2.3 La corrélation des variables d'intérêt

Le fait d'avoir calculé un coefficient normalisé de chaque variable d'intérêt va nous permettre de réaliser une analyse de corrélation entre la variable indépendante et la variable dépendante, nous permettant de répondre aux questions de recherche en testant nos hypothèses. Ces analyses sont décrites en détail dans la partie VI consacrée aux analyses des résultats.

3.3 Les représentations de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir

En ce qui concerne l'artefact numérique d'apprentissage vu par chaque individu comme un « *objet-valise* » et un « *objet-frontière* » (Flichy, 2003), nous nous intéressons à l'analyse de l'influence individuelle et collective dans chaque groupe au moment de concevoir ledit artefact. La littérature scientifique ne propose pas spécifiquement de modalités d'analyse de l'influence

individuelle et collective dans un groupe d'individus à partir d'un processus de conception vu comme un « *objet-valise* » et un « *objet-frontière* ».

La majeure partie de la littérature se concentre sur une analyse conceptuelle des « *objets-valises* » et des « *objets-frontière* » (Flichy, 2003), mais l'analyse des représentations de l'artefact à concevoir (Abric, 1999, 2003) associée à l'analyse des réseaux peut nous fournir une piste intéressante à suivre pour mieux comprendre la dynamique d'interactions en ce qui concerne l'influence individuelle et collective (Christakis et Fowler, 2009) dans le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

Ainsi, en nous inspirant des travaux d'Abric (2003), nous avons conçu une évaluation prétest et posttest pour analyser la représentation de chaque individu des groupes expérimentaux et de contrôle de l'artefact numérique à concevoir avant et après le processus de conception. De cette façon, avant de commencer l'expérimentation, nous avons demandé à chaque participant de nous fournir cinq mots représentant un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et cinq mots le représentant dans sa version numérique. Après l'ensemble du processus de conception (trois mois), nous avons collecté les mots les plus fréquents du prétest et nous avons demandé aux individus de chaque groupe de nous envoyer à nouveau cinq mots représentant un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et cinq mots le représentant dans sa version numérique. Cette procédure nous a permis de quantifier, à la fin, les changements de représentations individuelles à partir des interactions des individus pendant le processus de conception, en rendant possible l'analyse de l'influence individuelle et collective tant dans les groupes expérimentaux que dans les groupes de contrôle.

3.4 Pourquoi utiliser une conception de recherche expérimentale ?

D'après la revue de la littérature, il s'avérait moins adapté d'utiliser d'autres conceptions de recherche recourant à des entretiens ou à des questionnaires pour mesurer les variables d'intérêt, étant donné que chaque individu dispose de caractéristiques individuelles différentes par rapport aux autres. Ces instruments essaient de mesurer la perception individuelle, mais il est très difficile de mesurer, avec ce type d'instruments, la perception collective dans un processus d'interaction entre les individus d'un groupe.

En ce qui concerne les pré et les post tests, certains chercheurs affirment qu'il n'est pas possible de mesurer la performance collective ou même individuelle à l'œuvre dans les interactions de travail collaboratif avec l'utilisation de pré et post tests mesurant les capacités des individus quand ils travaillent seuls (Stahl, 2002). L'argument est basé sur le concept de « *zone de développement proximale* » de Vygotsky (1978), qui suggère que les individus ont des capacités mentales différentes dans des situations de collaboration et dans des situations de travail individuel.

Un autre point important à souligner est que les pré et post tests ne parviennent pas à donner un aperçu des détails pertinents d'un processus de collaboration ou de coopération, tels que l'équité de participation dans un groupe d'individus, les interactions entre individus ou l'influence des individus dans le processus d'interaction (Stahl, 2002).

Pour cette raison, nous avons choisi de concevoir une recherche expérimentale nous permettant de comparer l'impact de la variable indépendante sur la variable dépendante tout en contrôlant les variables de désintérêt et en quantifiant les résultats en vue de leur comparaison. Cette conception de recherche s'adapte également au projet industriel sous-tendant le projet de recherche et nous permet de ne pas alerter les participants sur l'expérimentation de recherche et de trouver un point d'équilibre entre une recherche de laboratoire, qui permet de contrôler et de manipuler certaines variables et une recherche écologique.

Comme nous l'avons remarqué, les pré et post tests visent à mesurer les évolutions d'un participant en testant l'individu avant et après une intervention. Ces tests se concentrent généralement sur la compréhension, la rétention et le développement de compétences spécifiques liées à un contenu. Pour cette raison, une conception pré et post test n'a pas été utilisée pour analyser les variables d'intérêt, mais ce type de conception de recherche a été utilisé pour mieux comprendre l'influence entre les individus dans leur processus d'interaction, à partir de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir vu comme un « *objet-valise* » (avant le processus de conception) et un « *objet-frontière* » (après le processus de conception) (Flichy, 2003).

3.5 Synthèse

Ce chapitre nous a montré le « *focus sur l'analyse* » de cette recherche en se concentrant sur la manière d'analyser les processus de collaboration, de coopération et d'invention collective à partir de la revue de la littérature et du cadre théorique choisi pour réaliser cette recherche. En ce qui concerne l'analyse des processus de collaboration et de coopération, nous avons décrit un modèle visant à 1) analyser la circulation des idées dans les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs) et à 2) calculer un « *coefficient de collaboration* » afin de déterminer si les interactions d'un groupe d'individus sont plus collaboratives ou plus coopératives ; ce modèle est basé sur le cadre théorique et plus précisément sur deux éléments de la « *théorie de la physique sociale* » : 1) l'« *énergie* » (fréquence d'interaction entre deux individus) et 2) l'« *engagement* » (la distribution de l'information dans le groupe). Un deuxième point important décrit dans ce chapitre concerne l'analyse de l'inventivité d'un artefact numérique d'apprentissage à travers un modèle basé d'une part sur la « *théorie de résolution des problèmes inventifs* » (Altshuller, 1996) et le modèle « *Fonction-Comportement-Structure* » (Chakrabarti *et al.*, 2005) destiné à évaluer la « *perception de nouveauté* » de l'artefact conçu, et d'autre part sur un modèle destiné à évaluer la « *perception d'utilité* » par les utilisateurs potentiels de l'artefact (Benedek et Miner, 2002). Ainsi, ces deux éléments : 1) la « *perception de nouveauté* » et 2) la « *perception d'utilité* » vont nous permettre de calculer un « *coefficient d'invention* » pour chaque prototype d'artefact numérique d'apprentissage conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle. Ces deux coefficients nous permettront de réaliser des calculs de corrélation entre les deux variables d'intérêt afin de nous permettre de répondre à nos questions de recherche.

Enfin, nous avons justifié dans ce chapitre notre choix pour une conception de recherche expérimentale concernant les deux variables d'intérêt et aussi pour une conception de recherche pré et post test concernant les représentations des participants de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir, afin de mieux comprendre le processus d'influence individuelle et collective dans les groupes de conception. Le chapitre suivant illustre de façon plus détaillée le processus de collecte des données de cette recherche.

Chapitre 4 : collecte des données

4.1 Introduction

Nous avons déjà remarqué tout au long de ce travail qu'une caractéristique particulière de cette recherche résidait dans la possibilité de regrouper les avantages d'une recherche de laboratoire et d'une recherche écologique. Dans ce contexte, chaque étude d'analyse a été menée avec de vrais participants dans des contextes réels encadrés par le projet REMASCO (pour réinventer le manuel scolaire à l'ère du numérique), un projet financé par plusieurs acteurs du système éducatif et visant à reconcevoir et réinventer le manuel scolaire numérique (l'artefact numérique d'apprentissage choisi dans le cadre de cette recherche).

Afin d'évaluer si les modèles « *ont bien fonctionné* » dans tous les domaines pertinents, il a fallu envisager différentes perspectives. Celles-ci comprennent la prise en compte du profil de chaque individu participant à cette recherche, ainsi que les traces des interactions collaboratives et coopératives entre les individus des groupes participant à cette recherche et la perspective des différents acteurs du système éducatif travaillant ensemble dans le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage. Cette multitude de perspectives se reflète dans les différents types de données collectées pendant les mois d'expérimentation.

Afin d'opérationnaliser le processus de collecte de données en vue d'évaluer les différentes variables d'intérêt de cette recherche, les éléments suivants peuvent être utilisés comme point de départ : 1) le choix des profils des acteurs du système éducatif à inclure dans l'expérimentation ; 2) les instruments à utiliser pour la collecte et l'analyse des données des variables d'intérêt décrites dans le chapitre précédent ; 3) l'adaptation au contexte de recherche de l'outil numérique d'interaction à utiliser pendant l'expérimentation, nous permettant également de contrôler les variables de désintérêt décrites précédemment ; 4) la préparation du processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage ; 5) la gestion d'un questionnaire prétest au début de l'expérimentation et d'un questionnaire posttest à la fin de l'expérimentation, afin de collecter et d'analyser les données concernant les représentations de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir et 7) la durée de l'expérimentation.

Le présent chapitre développe les points énoncés ci-dessus.

4.2 Types de données

Afin de tenir compte des perspectives multiples de cette recherche décrites dans la section précédente, il était nécessaire de collecter différents types de données : 1) traces numériques d'interactions ; 2) questionnaires pré et post test ; 3) évaluations des prototypes conçus en forme d'entretiens individuels avec les utilisateurs potentiels des artefacts numériques d'apprentissage conçus, ainsi qu'avec d'autres acteurs du système éducatif.

4.2.1 Traces numériques d'interaction

Nous avons travaillé avec la société basée à New York « *co:collective* » pour l'adaptation d'un logiciel numérique nous permettant de mettre en place une méthode de conception développée dans le cadre de cette recherche en vue de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans le système éducatif. Ce logiciel nous a également permis de tracer toutes les interactions des participants des différents groupes de conception (expérimentaux et de contrôle) dans le processus de génération et de circulation des idées, dans le but de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire (l'artefact numérique d'apprentissage choisi dans le cadre de cette recherche) pendant les trois mois de l'expérimentation.

L'objectif de la collecte de ces traces numériques d'interaction était de déterminer, à partir du cadre théorique, qui interagissait avec qui, afin de calculer les deux éléments issus de la « *théorie de la physique sociale* » (l'« *énergie* » et l'« *engagement* ») décrits précédemment, de déterminer le « *coefficient de collaboration* » détaillé dans le chapitre précédent, mais également de déterminer l'influence individuelle et collective de chaque groupe à partir des interactions individuelles et des idées circulant dans l'espace collectif de chaque groupe.

Il convient d'observer que, dans le processus d'interaction entre les participants de chaque groupe, la méthode de conception ainsi que le logiciel d'interaction (décrits en détail dans la partie V) nous ont permis de « *contrôler* » les interactions entre les individus pendant le processus d'interaction. De cette façon, l'ensemble (100 %) des échanges ont été des idées générées, des idées élaborées à partir des idées des autres individus, ou des compléments aux idées des autres individus sur la base de la méthode de conception, qui nous permet d'analyser

l'ensemble des traces d'interaction pendant les trois mois de l'expérimentation. Pour cette raison, mais également sur la base du cadre théorique, nous n'avons pas analysé les contenus des échanges (Lerman *et al.*, 2016 ; Pentland, 2015), dans la mesure où il n'était pas pertinent de déterminer si une idée était bonne ou mauvaise (pour certains individus, une idée peut être perçue comme bonne et, pour d'autres, comme mauvaise). Nous avons analysé les interactions (qui interagit avec qui) entre les différents individus de chaque groupe de conception.

En ce qui concerne la partie technique, toutes les traces numériques d'interaction ont été récupérées dans des fichiers en format « *.sql* » et « *.csv* » qui nous ont permis de réaliser les calculs statistiques et algorithmiques pour obtenir, à partir de ces traces, les éléments décrits dans le chapitre précédent.

4.2.2 Questionnaires pré et post test

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, des questionnaires en ligne ont été introduits avant et après l'expérimentation (le processus de conception du prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) afin d'analyser et de mieux comprendre l'influence individuelle et collective à travers les différentes interactions entre les individus de chaque groupe.

En ce qui concerne le questionnaire pré expérimentation, l'objectif était d'essayer d'identifier la manière dont chaque participant perçoit, à partir de son propre contexte (Star et Griesemer, 1989), l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir. Compte tenu du fait que, dans le cas de cette recherche, l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir était un manuel scolaire numérique d'histoire, nous avons estimé qu'il était important de déterminer la perception qu'a chaque individu non seulement du manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique, mais également dans sa version papier, puisque, comme nous l'avons constaté précédemment, les deux sont fortement liés à toute la complexité de sa conception et de son développement. Ainsi, dans la première question, nous avons demandé à chaque participant d'écrire les cinq mots (classés par ordre d'importance) les plus représentatifs d'un manuel scolaire papier d'histoire et, dans la deuxième question, les cinq mots (classés par ordre d'importance) les plus représentatifs d'un manuel scolaire numérique d'histoire, obtenant ainsi

une liste importante de mots pour le manuel scolaire d'histoire tant dans sa version papier que dans sa version numérique (Abric, 2003).

Quant au questionnaire post expérimentation, nous avons besoin de classifier les mots pendant les trois mois de l'expérimentation (le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage) dans le but de présenter aux participants un nouveau questionnaire, après l'expérimentation, à partir des mots du premier questionnaire (Abric, 2003). Nous avons identifié 27 mots représentatifs d'un manuel scolaire papier et numérique divisés en trois catégories (neuf mots par catégorie) : 1) mots positifs, 2) mots représentant l'artefact matériellement et 3) mots négatifs. Ces mots ont été choisis à partir des questionnaires pré expérimentation et ils ont été présentés aux participants sous la forme de deux questions (comme pour le questionnaire pré expérimentation). Dans la première question, nous avons demandé à chaque participant de choisir les cinq mots (classés par ordre d'importance) les plus représentatifs d'un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier à partir des 27 mots choisis. Dans la deuxième question, nous avons proposé à chaque participant la même procédure, appliquée cependant au manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique et à partir des mots issus de la deuxième question du questionnaire pré expérimentation (Abric, 2003).

Les résultats du croisement de ces deux questionnaires pour analyser et mieux comprendre l'influence individuelle et collective dans les groupes collaboratifs et coopératifs seront présentés dans le chapitre 3 de la partie VI.

4.2.3 Évaluations des prototypes conçus sous la forme d'entretiens individuels afin de déterminer le niveau d'invention de chaque prototype conçu

Une fois l'expérimentation terminée, nous devons tester le niveau d'inventivité de chaque prototype conçu par les différents groupes expérimentaux et de contrôle avec des utilisateurs potentiels de ces artefacts numériques d'apprentissage. Pour ce faire, nous avons utilisé le « *focus sur l'analyse* » de la partie « *invention* » décrit au chapitre 3 de la présente partie avec deux modèles afin de mesurer la « *perception de nouveauté* » et la « *perception d'utilité* » des utilisateurs potentiels de chaque artefact en vue de définir son « *niveau d'inventivité* ».

Comme l'artefact numérique d'apprentissage était un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire, les tests ont été réalisés avec des élèves, des enseignants et d'autres acteurs travaillant dans le monde de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage et de l'édition. Chaque test a été fait individuellement sous la forme d'un entretien en utilisant le diagramme de la *figure 5* pour déterminer la « *perception de nouveauté* » (Sarkar et Chakrabarti, 2011) et les cartes de la méthode proposée par Benedek et Miner (2002) adaptée à l'évaluation d'artefacts d'apprentissage en vue de déterminer la « *perception d'utilité* » de chaque prototype conçu.

Les étapes suivantes décrivent la procédure correspondant à chaque évaluation : 1) l'évaluateur testait chaque prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire ; 2) en utilisant un cadre simplifié à partir de la *figure 5*, que nous avons décrit dans le chapitre précédent, l'évaluateur devait classifier le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype sur la base de ses fonctionnalités (en tenant compte du fait que le contenu était le même pour tous les prototypes) ; 3) ensuite, l'évaluateur devait utiliser les cinq cartes les plus représentatives de chaque prototype à partir de la méthode de Benedek et Miner (2002) pour évaluer la « *perception d'utilité* » de chaque artefact en réalisant une nouvelle classification concernant, cette fois, la « *perception d'utilité* » des prototypes des fonctionnalités des manuels scolaires numériques d'histoire conçus.

Le produit de ces deux évaluations donnait comme résultat le « *coefficient d'invention* » de chaque artefact conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle. Il convient de noter que nous avons besoin de réaliser une quantité considérable d'évaluations afin d'obtenir une tendance concernant l'inventivité de chaque artefact, afin également de nous permettre de réaliser les calculs de corrélation avec la variable indépendante de cette recherche. Ces résultats seront présentés dans la partie VI consacrée aux analyses des résultats.

4.3 Quantité de données

Les données relatives aux interactions collaboratives et coopératives sont basées sur les interactions entre les individus des groupes expérimentaux et de contrôle échangeant des idées au cours de chaque phase du processus de conception, dans le cadre de l'expérimentation, afin de concevoir l'artefact numérique d'apprentissage. Par conséquent, il est impossible de se fixer

un objectif en termes de quantité d'interactions ; ce qui est intéressant c'est la comparaison à réaliser à partir des traces numériques d'interaction des groupes expérimentaux et de contrôle pour définir le « *coefficient de collaboration* » de chaque groupe.

En ce qui concerne l'analyse du niveau d'inventivité de chaque artefact conçu, comme nous l'avons remarqué dans la section précédente, l'objectif était de réaliser une quantité considérable d'évaluations pour obtenir une tendance concernant le niveau d'inventivité de chaque artefact, ce qui a impliqué un temps d'évaluation considérable, en tenant compte du fait que chaque évaluation individuelle prenait une à deux heures. Quant à l'hétérogénéité des évaluateurs, nous avons choisi de réaliser les évaluations principalement avec trois profils : 1) des élèves de niveau lycée, 2) des enseignants de différentes disciplines (en tenant compte du fait que nous avons évalué les fonctionnalités de chaque artefact, non leur contenu) et 3) des acteurs du système éducatif associés à la conception d'artefacts numériques d'apprentissage et de l'édition.

Dans ce contexte, les deux premiers profils représentaient les utilisateurs principaux de l'artefact numérique d'apprentissage conçu (un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire). C'est pour cette raison que nous avons choisi de réaliser les évaluations principalement avec ces deux profils d'évaluateurs. 396 évaluations individuelles de chaque prototype d'artefact conçu ont été réalisées dans les mois qui ont suivi l'expérimentation (le processus de conception de ces artefacts). Ainsi, nous avons obtenu une tendance dans les évaluations, même en tenant compte de la condition très qualitative du processus d'évaluation, pour lequel nous avons utilisé un cadre (décrit dans le chapitre précédent) visant à minimiser la subjectivité des évaluations.

La compréhension de l'influence individuelle et collective au sein des groupes nécessitait moins de données, car nous voulions évaluer ce qui s'est passé avant et après le processus de conception des artefacts en observant les questionnaires de chaque participant à l'expérimentation, afin de déterminer sa représentation de l'artefact à concevoir avant et après les interactions avec son groupe et en tenant compte du fait que chaque individu venait d'un contexte différent du système éducatif.

4.3.1 Choix des paramètres

Ce projet de recherche se distingue par la façon d'intégrer l'ensemble des acteurs du système éducatif dans le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage, qui, dans le cas spécifique de cette recherche, est un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire, en tenant compte de tous les aspects qui caractérisent cet artefact d'apprentissage et, plus particulièrement, celui du débat que génère son passage du format papier au format numérique (Bruillard, 2005 ; Choppin, 1980 ; Leroy, 2012 ; Séré et Bassy, 2010). Nous avons décrit ces caractéristiques et justifié notre choix dans le chapitre 1 de la partie II du présent travail.

Comme nous l'avons déjà dit, d'un point de vue empirique, cette recherche utilise un format qui mélange une étude de laboratoire, avec la possibilité de contrôler une expérimentation ainsi que ses variables d'intérêt et de désintérêt, et une étude écologique, grâce à un projet industriel qui a permis aux différents acteurs du système éducatif de travailler dans un environnement réel en vue de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire au moyen d'un outil qui nous a permis de tracer toutes les interactions des individus de chaque groupe pendant les trois mois qu'a duré le processus de conception.

Des raisons pratiques ont également joué un rôle dans le choix des paramètres de l'expérimentation scientifique, comme la possibilité de mettre en place un système en ligne destiné à faciliter les interactions des participants de chaque groupe pendant le processus de conception. Alors que ce système en ligne (décrit dans la partie V) offrait d'une part certains avantages, il comportait d'autre part des contraintes spécifiques ; ces avantages et contraintes sont décrits dans les sous-sections suivantes.

4.3.1.1 Avantages du système d'interactions en ligne

1. Récupérer les traces d'interaction des participants : le principal avantage du système d'interactions en ligne était de nous permettre d'obtenir les traces d'interaction et de communication des participants, en même temps que nous obtenions une compréhension dans l'analyse de nos variables sur la base de

données d'interactions précises et quantifiables à l'aide d'outils de calcul statistique et algorithmique.

2. Veiller à ce que la communication s'appuie à 100 % sur le processus de conception : l'ensemble (100 % des interactions) de la communication entre les participants a été établie autour de la conception de l'artefact numérique d'apprentissage, cela grâce au fait que, dans le système d'interactions en ligne, nous avons intégré une méthode de conception pour orienter la communication des participants à partir de trois façons de faire circuler les idées décrites plus en détail dans la partie V : 1) la génération d'idées de conception, 2) l'inspiration des participants fournie par les idées se trouvant déjà dans le système et 3) l'élaboration à partir des idées des autres individus sur la base d'un modèle que nous avons proposé aux participants. En ce qui concerne l'analyse de nos variables, cette caractéristique est importante puisque l'analyse était fondée sur la communication autour de la conception de l'artefact en question et pas sur des conversations hors sujet, même si, à travers ces types de conversations, les individus peuvent, à long terme, développer un niveau plus élevé de « *confiance* », celle-ci pouvant jouer un rôle important sur l'« *influence* » individuelle et collective au sein du groupe (Dong et Pentland, 2006).
3. Éviter l'impact des hiérarchies entre les participants : dans le cadre de l'expérimentation décrite au chapitre 3 de la partie V, les participants étaient chargés de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire pendant trois mois d'interactions dans le cadre du processus de conception. Dans ce contexte, enseignants, élèves, inspecteurs académiques et le reste des acteurs du système éducatif devaient travailler au même niveau. Ce processus impliquant une hiérarchisation des participants pouvait impacter la participation des individus faisant partie de l'étude, surtout en ce qui concerne les élèves. Ce problème potentiel a été, entre autres, l'une des raisons qui ont amené à opter en faveur d'un travail d'interaction se déroulant uniquement en ligne, sans rencontres face-à-face entre les participants.

4. Faciliter une expérimentation considérablement grande en termes de taille et de durée : comme les participants à la recherche venaient des quatre coins de la France métropolitaine (dont un participant de la France d'outre-mer), il était difficile de travailler avec 54 personnes aux profils très différents (élèves, enseignants, inspecteurs académiques, parents, etc.) lors de sessions en face à face, augmentant considérablement le coût de l'expérimentation. Le système d'interactions en ligne permettait aux participants de travailler en asynchronie.

4.3.1.2 Les inconvénients du système d'interactions en ligne

1. La nouveauté du logiciel facilitant les interactions en ligne, ainsi que de la méthode de conception : le fait que les participants ne connaissaient pas le système d'interactions en ligne ni la méthode de conception ont constitué un défi important susceptible d'impacter le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage, ainsi que nos résultats. Pour cette raison, nous avons mis en œuvre une communication directe avec les participants (par téléphone ou par tchat) en cas de problèmes techniques. Nous avons également enregistré et mis à disposition des vidéos de 30 minutes expliquant chaque phase de la méthode de conception (décrite au chapitre 1 de la partie V) ; ces vidéos (Annexe C) étaient envoyés aux participants au début de chaque phase.
2. Concevoir un artefact d'apprentissage numérique sans voir ni parler avec les autres participants : pour la plupart des participants, le processus de conception représentait également un défi quant au fait de concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire en trois mois, sans voir les personnes avec lesquelles ils étaient en train de travailler ; cette particularité pouvait amener les participants à expérimenter certaines frustrations du fait qu'ils n'étaient pas habitués à travailler de cette manière.

4.4 Analyse qualitative et quantitative

Cette recherche utilise tant des méthodes qualitatives que des méthodes quantitatives. En ce qui concerne les résultats qualitatifs, nous avons développé, pour chaque variable mesurée

de façon qualitative, un cadre pour quantifier ces résultats, nous permettant, entre autres, de comparer certaines variables. Dans ce contexte, l'analyse s'est appuyée sur les données collectées pendant l'expérimentation et après l'expérimentation ; les sous-sections suivantes décrivent la collecte des données qualitatives et quantitatives.

4.4.1 Données collectées pendant l'expérimentation

Afin d'illustrer ce que les 9 participants des 6 groupes de conception ont vécu pendant le processus de conception, il est important de synthétiser ce processus avant de décrire les données collectées.

Comme nous l'expliquerons dans le chapitre 1 de la partie suivante, la méthode de conception comprenait 3 phases (1. Découvrir une problématique, 2. S'appropriier la problématique et imagine une solution et 3. Créer un prototype [une maquette] de la solution). Pour chaque phase, les participants des 6 groupes étaient encouragés à : 1. proposer des idées, que les participants devaient soumettre au groupe en utilisant le logiciel pour faciliter le processus de conception à distance, 2. A partir de chaque idée générée, les participants avaient la possibilité de soumettre une nouvelle idée, une action (comment mettre en place cette idée) ou une question, chaque participant avait également la possibilité de marquer les idées les plus intéressantes comme favorites, et 3. Afin de choisir une seule idée pour chaque phase du processus de conception, chaque participant avait 30 votes à distribuer entre les idées les plus intéressantes.

Dans chaque phase du processus de conception, les idées étaient appelées différemment, pour la première phase nous les avons appelées de découvertes (de la problématique), dans la deuxième phase, de solutions (pour répondre à la problématique choisie) et dans la troisième et dernière phase, de prototypes (de maquettes de la solution choisie). Tout ce processus est décrit dans la partie suivante.

4.4.1.1 Traces numériques d'interaction

Les mesures des traces numériques d'interaction sont représentées par les traces laissées par des individus pendant leurs interactions. Les mesures des traces sont particulièrement utiles pour l'étude du comportement humain, mais elles peuvent parfois être trompeuses. Pour cette

raison, concernant le comportement humain, il est conseillé de combiner ces données avec les données d'autres méthodes de recherche afin de fournir une description valide du comportement humain. L'avantage de cette méthode de collecte des données est que les activités ou les phénomènes sociaux peuvent être examinés et quantifiés de manière non réactive ou discrète (Rieder, 2010).

En ce qui concerne cette recherche, notre objectif était de calculer la corrélation entre la variable indépendante (la structure des interactions d'un groupe d'individus) et la variable dépendante (le niveau d'invention collective de la solution conçue par le groupe) afin d'examiner l'impact d'un processus d'interaction collaboratif et coopératif pendant la conception d'un artefact numérique d'apprentissage et l'inventivité de la solution conçue. Dans ce contexte, l'analyse des traces numériques pendant les interactions était essentielle pour quantifier le niveau de collaboration et de coopération de chaque groupe de conception. Ainsi, les données récupérées et analysées à partir des traces numériques d'interaction étaient entièrement quantitatives [rappelons que nous avons choisi de ne pas d'analyser les contenus de ces interactions (Lerman *et al.*, 2016 ; Waber *et al.*, 2010)].

4.4.1.2 Questionnaires pré et post test

Une variable difficile à analyser est l'influence individuelle et collective au sein du groupe pendant les interactions. Nous avons créé un cadre à la fois qualitatif et quantitatif pour mieux comprendre ce processus d'influence à travers l'artefact à concevoir, qui était représenté pour chaque individu à la fois comme « *objet-valise* » et « *objet-frontière* » (Flichy, 2003). Pour ce faire, nous avons réalisé une étude qualitative à partir d'un questionnaire pré expérimentation et d'un autre questionnaire post expérimentation afin de mieux comprendre comment chaque individu se représentait l'artefact à concevoir et comment cette représentation avait évolué, ou pas, à partir des interactions avec les autres individus pendant le processus de conception de l'artefact.

Dans ce contexte, nous avons essayé de quantifier la tendance de la représentation de l'artefact à concevoir, afin de pouvoir comparer la représentation pré expérimentation et la représentation post expérimentation de chaque individu, en examinant en même temps l'ensemble des interactions à l'échelle collective de chaque groupe expérimental et de contrôle.

4.4.2 Données collectées après l'expérimentation

Afin d'illustrer le processus d'évaluation des 6 prototypes (maquettes) issus du processus de conception, il est important de rappeler ce processus avant de décrire la collecte de données concernant la partie post expérimentation.

Comme nous l'avons déjà remarqué, nous avons sollicité des élèves, des enseignants et personnes en lien avec la conception et l'édition d'artefacts d'apprentissage numériques pour évaluer le niveau d'inventivité de chaque prototype conçu pendant l'expérimentation (le processus de conception).

Chaque évaluation s'est déroulée comme un entretien individuel d'entre une à deux heures (pour rappel, nous avons sollicité 66 évaluateurs : 50% des élèves, 25% des enseignants, et 25% des personnes en lien avec la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage).

3.4.2.1 Évaluation des prototypes des artefacts numériques d'apprentissage conçus pendant l'expérimentation

Après l'expérimentation (le processus de conception), chaque groupe expérimental et de contrôle avait conçu un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire. Après avoir tracé les interactions des groupes expérimentaux et de contrôle et avoir compris l'influence individuelle et collective pendant ce processus d'interaction, grâce aux questionnaires pré et post expérimentation visant la compréhension de la représentation de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir par chaque participant, le deuxième objectif de cette recherche était d'évaluer le niveau d'inventivité des artefacts conçus pendant l'expérimentation.

Comme nous l'avons vu précédemment, le cadre d'évaluation de ces prototypes était divisé en deux parties : 1) sur la base d'une évaluation qualitative, un groupe hétérogène d'utilisateurs potentiels devait évaluer le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype en utilisant le modèle destiné à réaliser cette évaluation décrite au chapitre 3 de la présente partie. Une fois cette évaluation qualitative réalisée, les utilisateurs devaient classer les prototypes en commençant par le prototype ayant la « *perception de nouveauté* » la plus élevée

jusqu'au prototype ayant le niveau de « *perception de nouveauté* » le moins élevé. Cette procédure nous permettait de quantifier et de normaliser le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype ; 2) de la même manière, sur la base d'une évaluation qualitative, les mêmes utilisateurs potentiels devaient évaluer le niveau de « *perception d'utilité* » de chaque prototype en utilisant le modèle destiné à réaliser cette évaluation, décrite également au chapitre 3 de la présente partie. Comme pour l'évaluation du niveau de la « *perception de nouveauté* », après l'évaluation qualitative, les utilisateurs devaient classer les prototypes sur la base de ces évaluations, nous permettant de quantifier et de normaliser le niveau de « *perception d'utilité* » de chaque prototype.

La quantification de ces deux éléments issus du cadre théorique nous a permis de calculer le « *niveau d'inventivité* » de chaque prototype en calculant le produit des valeurs normalisées des deux éléments évalués, nous permettant également de réaliser les calculs de corrélation avec l'autre variable d'intérêt (la structure des interactions d'un groupe d'individus) calculée à partir des traces d'interaction.

4.5 Synthèse

Ce chapitre a introduit l'approche et la procédure globale de collecte des données tout en expliquant pourquoi certains instruments ont été privilégiés. En particulier, nous avons décrit le processus d'évaluation des variables d'intérêt et les instruments associés à chaque variable d'intérêt. Dans ce contexte, nous pouvons identifier trois variables essentielles afin d'évaluer et de mieux comprendre l'impact de la structure des interactions d'un groupe d'individus hétérogène appartenant au système éducatif sur l'inventivité collective du groupe au moment de concevoir un artefact numérique d'apprentissage (un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) : 1) la structure d'interactions de chaque groupe (collaborative ou coopérative), 2) le niveau d'inventivité de chaque artefact numérique d'apprentissage conçu par les groupes et 3) l'influence individuelle et collective au sein de chaque groupe lors du processus de conception de ces artefacts en utilisant l'artefact numérique d'apprentissage comme un « *objet-valise* » et comme un « *objet-frontière* » (Flichy, 2003). Ainsi, les méthodes d'évaluation ont été qualitatives pour mesurer certaines constructions et quantitatives pour d'autres constructions ; il convient de noter que nous avons toujours quantifié les évaluations

qualitatives pour nous permettre de réaliser certaines comparaisons des variables d'intérêt. Enfin, nous avons donné un aperçu du système d'interactions en ligne en exposant ses avantages et ses inconvénients. Ce système intégrait une méthode de conception qui est plus amplement détaillé dans la partie suivante ; elle nous a permis de réaliser l'expérimentation scientifique de cette recherche, décrite également dans la partie suivante.

Partie V : la méthode de conception proposée et l'expérimentation scientifique

Avant de détailler l'expérimentation de cette recherche, nous allons décrire la méthode de conception élaborée en vue de réaliser l'expérimentation scientifique de cette recherche. Cette partie est divisée en trois chapitres.

Chapitre 1 : la méthode de conception

Chapitre 2 : le logiciel facilitant les interactions entre les individus

Chapitre 3 : l'expérimentation scientifique

Chapitre 1 : la méthode de conception

1.1 Introduction

Comme nous l'avons évoqué plusieurs fois, nous avons conçu et utilisé une méthode de conception afin de réaliser l'expérimentation. La base de cette méthode était constituée par un logiciel permettant aux participants de l'expérimentation d'être connectés entre eux de manière continue. Dans ce contexte, le logiciel de base de cette méthode avait pour objectifs de 1) tracer les interactions des participants en vue de la collecte de données quantitatives ; 2) contrôler les variables d'intérêt ainsi que les variables de désintérêt et 3) guider les participants lors du processus de conception grâce à la méthode de conception.

Outre le fait que cette méthode facilitait les interactions entre participants, elle proposait une méthodologie spécifique pour la conception d'artefacts numériques d'apprentissage et un mécanisme d'interaction basés sur le cadre théorique de cette recherche pour ce qui est de la génération d'idées.

En ce qui concerne les traces numériques des interactions entre les individus de chaque groupe au cours du processus de conception, le logiciel récupérait des fichiers informatiques dans un format prêt à être analysé. Ce processus concernait : 1) la génération des idées, 2) l'élaboration conceptuelle (l'inspiration) à partir des idées des autres participants et 3) l'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres participants. Le logiciel nous a permis également de vérifier que 100 % des interactions portaient sur le travail de conception.

Nous avons développé ce logiciel, utilisé comme base de notre méthode de conception, en adaptant un logiciel créé par la société « *co:collective* », basée à New York.

Les sections suivantes décrivent les parties les plus importantes qui composent cette méthode : 1) la méthodologie spécifique de conception, 2) le processus de génération et d'élaboration des idées et 3) le processus d'interaction et de communication. Le logiciel lui-même est décrit dans le chapitre suivant.

1.2 Description de la méthode de conception

En ce qui concerne le processus de conception, nous avons développé une méthode propre adaptée à la conception d'artefacts numériques d'apprentissage, en fonction des besoins du projet. Cette méthode est basée sur les cinq « *principes fondamentaux* » d'interaction décrits par Norman (2013) que nous avons présentés au chapitre 7 de la partie III.

La méthode est divisée en trois phases principales de conception, chacune avec ses propres méthodes ; elle s'appuie sur une approche de conception centrée utilisateur (Norman, 1984) et participative (Greenbaum et Kyng, 1992 ; Schuler et Namioka, 1993). Ces trois phases, ainsi que les méthodes appartenant à chaque phase, sont décrites ci-dessous.

La *figure 6* montre les trois phases de la méthode de conception proposée, décrites en détail dans les trois sous-sections suivantes.

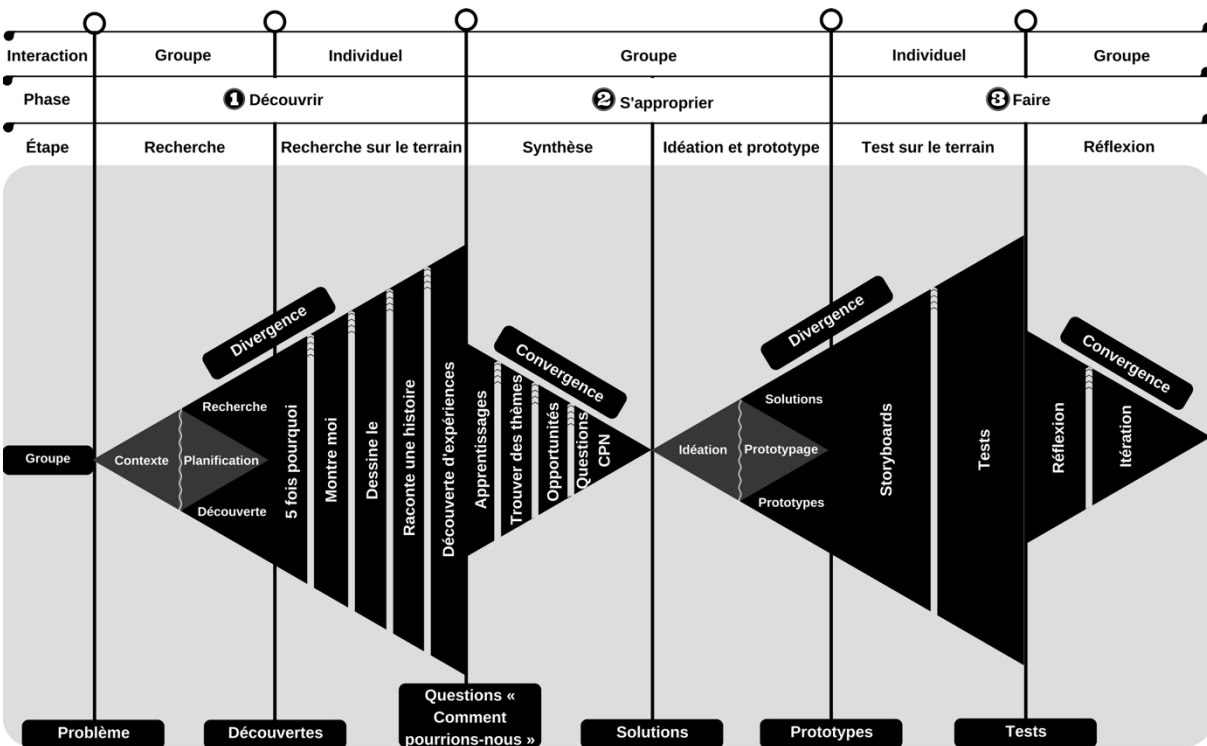


Figure 6. Les trois phases de la méthodologie de conception proposée dans le cadre de l'expérimentation scientifique de cette recherche.

1.2.1 Trois phases de conception

La méthode de conception permet d'adapter la durée de chaque phase à différents contextes de conception. Dans le contexte de notre recherche, la durée de chaque phase comprenait quatre semaines d'interactions en utilisant les méthodes propres à chaque phase ainsi que le logiciel facilitant ces interactions, lequel fait l'objet d'une description au chapitre suivant.

Les trois sous-sections suivantes décrivent chaque phase plus en détail.

1.2.1.1 Découvrir

La première phase de la méthode de conception se divise en deux parties : une première partie concernant la planification, l'explication du déroulement de la phase et l'application de ces méthodes et une deuxième partie concernant l'application de ces méthodes sur le terrain propre à chaque participant. Elle a été réalisée au moyen de vidéos explicatives que nous avons produites et intégrées au logiciel que nous avons utilisé pour faciliter les interactions des individus (décrit au chapitre 2 de la présente partie).

Cette première phase encourage les individus d'un groupe à entrer dans un processus de pensée divergente autour de la découverte de la problématique. Ce processus invite chaque individu à utiliser différentes méthodes, décrites ci-dessous, pour soumettre dans le système la quantité la plus grande possible de problèmes ou de besoins des utilisateurs de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir.

Ainsi, chaque individu était chargé d'explorer son contexte, sa réalité, pour apporter au groupe la plus grande quantité possible « *de problèmes ou de besoins* » autour de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir. Il s'agissait pour chacun de « *découvrir* » la quantité la plus grande possible « *de problèmes ou de besoins* » et de les soumettre par le biais du logiciel, qui facilitait les interactions avec les autres individus du groupe, lesquels avaient à leur tour la possibilité de continuer à élaborer à partir des « *découvertes* » des autres individus, provoquant ainsi une « *chaîne de découvertes* ».

Afin de « *découvrir* » les « *problèmes ou besoins* » autour du manuel scolaire numérique d'histoire, chaque individu, dans la deuxième partie de cette phase, était encouragé à utiliser les

méthodes suivantes pour explorer pendant trois semaines son environnement en « *découvrant* » plusieurs « *problèmes ou besoins* ».

- La méthode « *5 fois pourquoi* » : Sakichi Toyoda, l'un des pères de la révolution industrielle japonaise et fondateur de la société Toyota a été le premier à développer cette méthode dans les années 1930, méthode devenue populaire dans les années 1970. La méthode est remarquablement simple à utiliser : quand un problème survient, l'individu explore sa cause première en demandant « *pourquoi ?* » cinq fois. Ensuite, lorsqu'une contre-mesure devient apparente, l'individu doit la suivre pour éviter que le problème ne se répète. Cette méthode est utile lors d'une interview : les individus doivent commencer avec des questions très générales, puis, en demandant « *pourquoi* » cinq fois, ils vont obtenir des réponses essentielles à des problèmes complexes. La simplicité de cette méthode lui confère également une grande flexibilité lui permettant d'être combinée à d'autres méthodes. Dans le cadre de l'expérimentation de cette recherche, l'objectif était d'encourager les différents acteurs du système éducatif à aller plus loin et mieux comprendre les attentes liées à l'utilisation d'un manuel scolaire numérique d'histoire en explorant de façon approfondie « *pourquoi* » les différents acteurs du système éducatif font ce qu'ils font.
- La méthode « *montre-moi* » : il s'agit d'une méthode à employer quand nous sommes sur le terrain. Il n'y a pas de meilleure façon de comprendre les personnes pour lesquelles les individus conçoivent un artefact qu'en s'imprégnant de leur « *monde* » (Norman, 2013). La première phase du processus de conception est dédiée à l'écoute et à la compréhension de la vie des individus pour lesquels nous sommes en train de concevoir l'artefact. La meilleure façon de parvenir à cette compréhension est de leur parler en personne, là où ils vivent, travaillent et mènent leurs activités (Norman, 2013). L'objectif de cette méthode est de demander aux utilisateurs potentiels de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir de montrer comment ils l'utilisent quotidiennement dans leur vie/travail en observant l'utilisateur potentiel dans son environnement.

- La méthode « *dessine-le* » : le dessin est un excellent moyen d'en apprendre plus sur les personnes pour lesquelles nous concevons l'artefact en raison de son potentiel visuel (Norman, 2013). Qu'il s'agisse du concepteur ou de l'utilisateur, un croquis rapide, un graphique ou une chronologie est un moyen très efficace de surmonter les barrières linguistiques et de garder un registre des recherches de cette première phase. Le dessin peut également aider la personne pour laquelle nous concevons l'artefact à organiser visuellement ses pensées et, de manière générale, à stimuler les idées et la conversation d'une manière différente que la communication verbale (Norman, 2013).
- La méthode « *raconte une histoire* » : parler avec des utilisateurs potentiels est vraiment le point crucial de la phase de « *découverte* ». Cette phase consiste à atteindre les personnes pour lesquels nous concevons l'artefact et à les écouter en parler avec leurs propres mots dans le cadre d'une histoire qui décrive leur vie et leur travail autour de l'artefact à concevoir. Dans la mesure du possible, l'objectif est de demander aux utilisateurs potentiels de l'artefact à concevoir de raconter une histoire au sein de leur propre environnement. De cette façon, un des avantages liés à l'intégration dans le processus de conception des différents acteurs du système éducatif est que ces acteurs peuvent apporter au groupe de conception des découvertes issues d'environnements différents.

À partir de chaque « *découverte* » soumise au logiciel, les individus de chaque groupe étaient encouragés à imaginer une nouvelle « *découverte* ».

1.2.1.2 S'approprier

La deuxième phase de la méthode de conception est également divisée en deux parties, mais à la différence de la première phase, la première partie de cette phase utilise certaines méthodes de « *convergence* » en ayant pour objectif de converger vers une seule « *découverte* » à partir des « *découvertes* » de la première phase. La deuxième partie de cette phase vise à « *s'approprier* » la « *découverte* » pour entrer dans un processus de « *divergence* » en générant la quantité la plus grande possible de solutions répondant à la « *découverte* » choisie dans la première phase.

Cette phase du processus de conception encourageait les individus à délimiter la problématique à une seule « *découverte* » pour ensuite générer des solutions en suivant la même logique d'immersion dans l'environnement ou dans le contexte de chaque acteur du système éducatif participant au processus de conception de l'artefact.

Pour « *s'approprier* » des découvertes de la première phase et définir une seule « *découverte* » autour du manuel scolaire numérique d'histoire, de façon individuelle et collective, chaque groupe était encouragé à utiliser les méthodes suivantes pour délimiter la problématique en une semaine.

- La méthode « *apprentissages* » : dans la phase « *découvrir* », les participants avaient recueilli plusieurs « *découvertes* ». L'objectif de cette méthode est de leur permettre d'identifier toutes les « *découvertes* » et de permettre également à chaque individu de se faire une représentation de l'ensemble des « *découvertes* ». Une fois que les participants ont obtenu une quantité suffisamment importante de « *découvertes* » sous la forme de notes, de photos, d'impressions et de citations, il est temps de commencer à les comprendre. Cette méthode invite les participants à prêter une attention particulière aux histoires, aux apprentissages et aux intuitions de chaque individu du groupe. C'est un moyen efficace de partager ce que chaque participant a entendu, et une partie de l'objectif consiste à faire de ces apprentissages individuels une partie de la base de connaissances collectives du groupe.
- La méthode « *trouver des thèmes* » : lorsque les participants partagent leurs « *découvertes* », différents thèmes sont susceptibles d'émerger. Cette méthode a comme objectif de les repérer et leur donner un sens. Une fois que les participants ont partagé leurs connaissances sur le terrain, ils sont prêts à trouver des thèmes. L'objectif est d'encourager les participants à parcourir tous les interviews et autres types d'« *apprentissage* » en identifiant les thèmes qui ont émergé. Ces thèmes sont susceptibles de changer, mais au fur et à mesure que les participants passeront de la phase de « *découverte* » à la phase d'« *appropriation* » d'une seule découverte, ils continueront à chercher des thèmes en triant leur signification.

- La méthode « *opportunités* » : l'objectif de cette méthode est de créer une représentation visuelle d'un système, ce qui permet aux participants de donner un sens aux données collectées lors de la phase de « *découverte* » en mettant en évidence les relations et les opportunités principales.
- La méthode « *questions comment pourrions-nous* » : chaque problème est une opportunité pour le processus de conception. En encadrant une « *découverte* » sous la forme d'une question « *Comment pourrions-nous* », la méthode encourage les participants à penser de façon inventive pour la génération d'idées dans la prochaine étape de cette phase. En définissant des thèmes, les participants ont identifié des défis liés aux personnes pour lesquelles ils conçoivent l'artefact. Avec cette méthode, ils essaient de recadrer leurs « *découvertes* » et leurs thèmes sous la forme de questions « *comment pourrions-nous* » pour transformer ces défis en opportunités dans le processus de conception. Nous utilisons le format des questions « *comment pourrions-nous* » parce qu'il suggère qu'une solution est possible et parce que cette question offre aux participants la possibilité d'y répondre de diverses façons. Une question « *comment pourrions-nous* » correctement encadrée ne suggère pas une solution particulière, mais donne aux participants le cadre parfait pour développer une pensée inventive.

Une fois que les participants ont défini plusieurs questions du type « *comment pourrions-nous* » à partir de leurs « *découvertes* », le logiciel facilitant les interactions entre les individus de chaque groupe leur permettait de voter pour les questions qui leur semblaient les plus pertinentes, chaque individu disposant de 30 votes qu'il pouvait répartir librement entre les questions « *comment pourrions-nous* » les plus intéressantes à ses yeux. L'objectif de ce système de vote était de choisir une seule question « *comment pourrions-nous* ».

Une fois la question « *comment pourrions-nous* » définie, le processus de conception encourageait les participants à passer à la deuxième étape de cette deuxième phase, qui est définie par la génération de solutions possibles répondant à la question « *comment pourrions-nous* » choisie. Concernant le processus de génération de solutions, les participants disposaient de plusieurs techniques pour imaginer des solutions en s'inspirant du terrain. Dans ce contexte, après le processus de convergence pour aller d'une quantité considérable de « *découvertes* » à

une seule question « *comment pourrions-nous* », le processus de conception devait entrer encore une fois dans un processus de « *divergence* » afin d'encourager les individus à générer la quantité de solutions la plus grande possible.

Comme dans le cas de la phase « *découvrir* », dans le processus de générations de solutions possibles répondant à la question « *comment pourrions-nous* » choisie, les individus étaient encouragés à élaborer à partir des idées (solutions) des autres individus du groupe. Ce processus d'élaboration d'idées est décrit en détail dans la section 1.3.

Après les trois semaines du processus de génération de solutions répondant à la question « *comment pourrions-nous* », les individus étaient invités à choisir une seule solution (ou un mélange de solutions). Pour ce faire, le système proposait un système de vote identique à la première étape de cette phase (pour choisir la question « *comment pourrions-nous* »), mais à partir de quatre questions, en donnant à chaque participant dix votes par question : 1) quelle solution va enthousiasmer le plus vos utilisateurs potentiels ? 2) quelle solution est tellement évidente que vous êtes étonnés qu'elle n'existe pas encore ? 3) dans quelle solution avez-vous le plus envie de travailler ? Et 4) quelle solution vous semble folle, mais néanmoins très intéressante ?

À cette étape, les individus devaient choisir une seule solution (ou un mélange de solutions) répondant à leur question « *comment pourrions-nous* » avant de passer à la prochaine phase du processus de conception.

1.2.1.3 Faire

La troisième et dernière phase de la méthode de conception consistait à prendre la solution choisie répondant à la question « *comment pourrions-nous* » dans la phase précédente et à élaborer un prototype minimal de cette solution. Pour ce faire, le processus de conception suivait le même parcours que la première phase relative à la génération de « *découvertes* » et que la deuxième phase relative à la génération de « *solutions* », mais dans cette troisième phase, les participants étaient encouragés à élaborer plusieurs prototypes en forme de maquettes de la solution.

Le système proposait aux participants une seule méthode pour les aider à élaborer leurs prototypes (maquettes) :

- La méthode « *story-boards* » : l'objectif de cette méthode était d'aider les individus de chaque groupe à élaborer un prototype rapide et à faible résolution. Un story-board peut aider les participants à visualiser leur solution du début à la fin. En traçant visuellement des éléments de la solution, les participants peuvent en apprendre beaucoup plus sur leur idée. Dans ce contexte, non seulement cette méthode aidera les participants à affiner leur solution, mais elle pourra aussi révéler qui l'utilisera, où et comment.

L'objectif de cette phase était également de tester les différents prototypes soumis dans le système avec des utilisateurs potentiels à partir du terrain de chaque individu. Ce processus a été suivi au fur et à mesure que les prototypes étaient imaginés par les participants, générant un feedback, en utilisant le même système d'élaboration à partir des idées des autres individus, que la méthode de conception a utilisé pour les deux phases précédentes et qui est décrit dans la section suivante.

À la fin des trois phases de la méthode de conception, tous les groupes expérimentaux et de contrôle devaient terminer par une question « *comment pourrions-nous* », la description de la « *solution* » en réponse à cette question « *comment pourrions-nous* » et un « *prototype* » minimal décrivant de façon plus claire la « *solution* » en forme de fonctionnalités de l'artefact conçu (un manuel scolaire numérique d'histoire).

Le chapitre 3 montre comment nous avons distingué la structure de travail dans le processus de conception entre les groupes expérimentaux et de contrôle. L'annexe A décrit en détail la solution et le prototype de chaque groupe.

1.3 Le processus de génération et d'élaboration des idées

En complément de la méthode de conception, nous avons intégré un modèle destiné à promouvoir la génération de nouvelles idées et l'élaboration à partir des idées des autres individus lors du processus de conception. Pour ce faire, nous avons conçu un système visant à encourager les individus à s'inspirer des nouvelles idées soumises par les autres individus et à élaborer de nouvelles idées issues de cette « *inspiration* ». Ce système est décrit ci-dessous.

1.3.1 Le système pour élaborer à partir des idées des autres individus du groupe

Le système donnait la possibilité aux individus de sélectionner une idée (une « *découverte* » dans la première phase, une « *solution* » dans la deuxième phase et un « *prototype* » dans la troisième phase) en vue de son exploration et, ensuite, ils avaient la possibilité de générer une nouvelle « *idée* », une « *action* » (en décrivant comment mettre en place l'idée) ou une « *question* » à partir de cette idée. Ainsi, à partir de chaque « *idée* », « *action* » ou « *question* », les individus avaient la possibilité de créer une nouvelle couche d'« *idées* », d'« *actions* » ou de « *questions* » en créant de cette façon un réseau d'« *idées* », d'« *actions* » et de « *questions* » dans le système.

En plus de l'élaboration de nouvelles idées inspirées des idées des autres, les participants pouvaient marquer les idées les plus intéressantes comme favorites, leur permettant ainsi de réaliser leur propre classification. Ce processus d'élaboration des idées avait la forme de « *cartes* » dans le logiciel permettant l'interaction entre les individus. Dans ce contexte, chaque « *idée* », « *action* » ou « *question* » était représentée par une carte montrant quels individus avaient déjà élaboré sur cette « *idée* », « *action* » ou « *question* », en donnant la possibilité de la marquer également comme favorite et d'accéder aux « *idées* », « *actions* » ou « *questions* » issues de cette idée.

La *figure 7* illustre ce système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées.



Figure 7. Le système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées à l'intérieur d'un groupe de conception.

Si nous ajoutons à la méthode de conception illustrée dans la *figure 6* le système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées dans les groupes expérimentaux et de contrôle, nous pourrions illustrer la méthode de conception complète comme dans la *figure 8*.

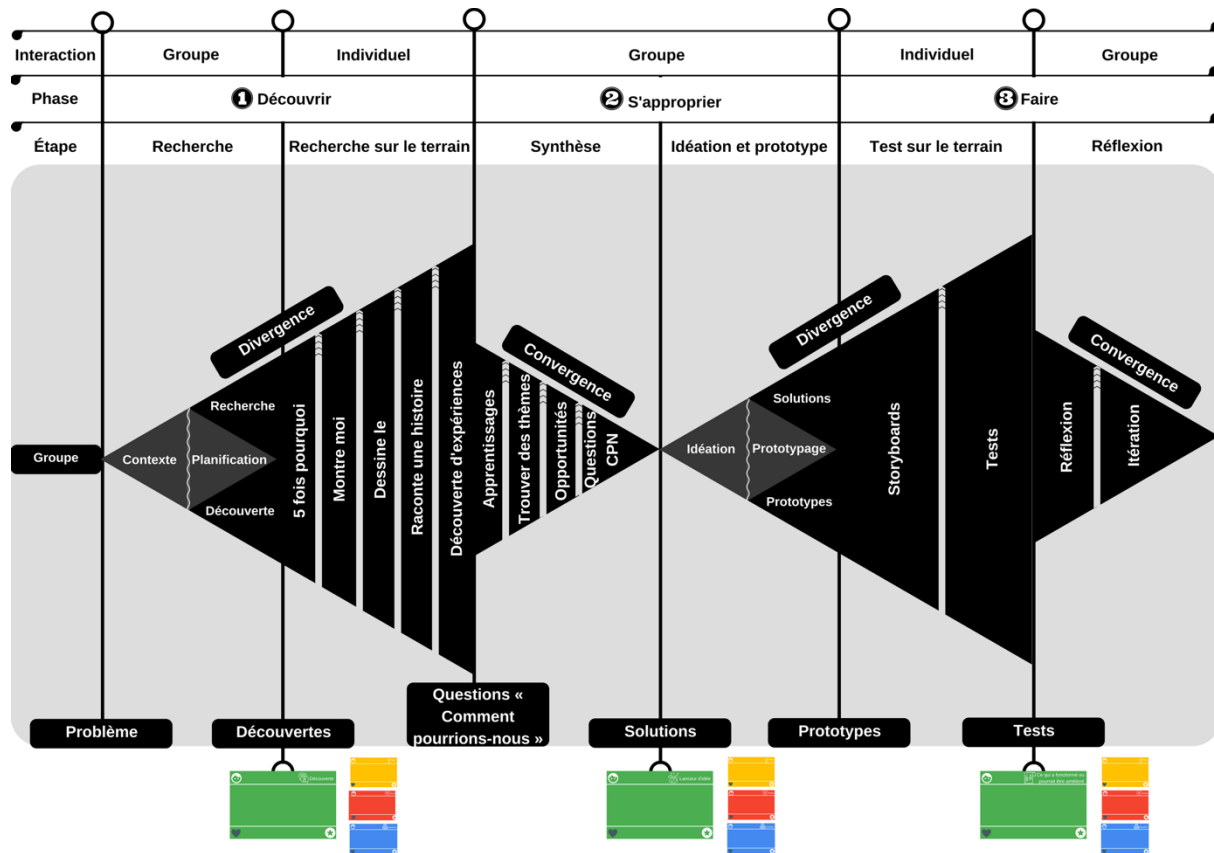


Figure 8. Le système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées à l'intérieur d'un groupe de conception, utilisé avec les trois phases de la méthodologie de conception proposée dans le cadre de l'expérimentation scientifique de cette recherche.

1.3.1.1 Le système de motivation pour encourager les participants à élaborer à partir des idées des autres individus

Quand il s'agit d'influencer directement les comportements ou les idées des individus dans un groupe, plus un individu est incité par un proche (mesuré par la fréquence à laquelle les deux individus interagissent, représenté dans cette recherche comme l'élément « énergie »), plus leur influence est grande (Nadav *et al.*, 2011).

Pentland (2015) et d'autres chercheurs ont trouvé qu'en moyenne, il s'est avéré que le système d'incitation à travers les interactions sociales fonctionnait quatre fois plus efficacement qu'une approche traditionnelle axée sur l'incitation individuelle. Pour les individus qui ont eu le plus d'interactions avec la cible assignée, l'incitation d'interaction sociale a fonctionné presque huit fois mieux que l'approche d'incitation individuelle.

En ce qui concerne l'influence sociale dans un groupe d'individus, ces résultats sont utiles pour mieux comprendre ce processus d'influence entre les individus d'un groupe, mais ils sont également importants d'un point de vue pratique, car ils montrent que nous, les humains, sommes en fait plus orientés vers le groupe que vers l'autogestion. Cela montre également que quand il s'agit d'influencer le comportement ou les idées d'autres individus (y compris lorsque nous mettons en place des systèmes d'incitation), nous devons accorder davantage d'attention aux interactions et à la pression sociale plutôt que d'inciter directement les individus avec des incitations individuelles (Nadav *et al.*, 2011).

Dans cette optique, nous pouvons identifier un facteur de motivation intrinsèque en l'absence de récompenses externes : l'interaction sociale (Nadav *et al.*, 2011). Ainsi, en utilisant ce facteur de motivation intrinsèque basé sur l'interaction sociale, nous avons développé un système d'attribution de points intégré au logiciel facilitant les interactions afin de récompenser les individus des groupes expérimentaux et de contrôle qui inspiraient d'autres individus à élaborer à partir de leurs idées.

Chaque étape de la méthode de conception favorisait les contributions individuelles et les interactions collectives grâce à un système d'attribution de points illustré dans la *figure 9* encourageant les individus à élaborer à partir des idées des autres individus à travers la génération d'une nouvelle « *idée* », « *action* » ou « *question* ». Le système octroyait une « *petite* » récompense aux individus qui généraient une nouvelle idée et une « *grande* » récompense à ceux qui inspiraient les autres individus dans l'élaboration d'une nouvelle « *idée* », « *action* » ou « *question* » à partir de leurs idées.

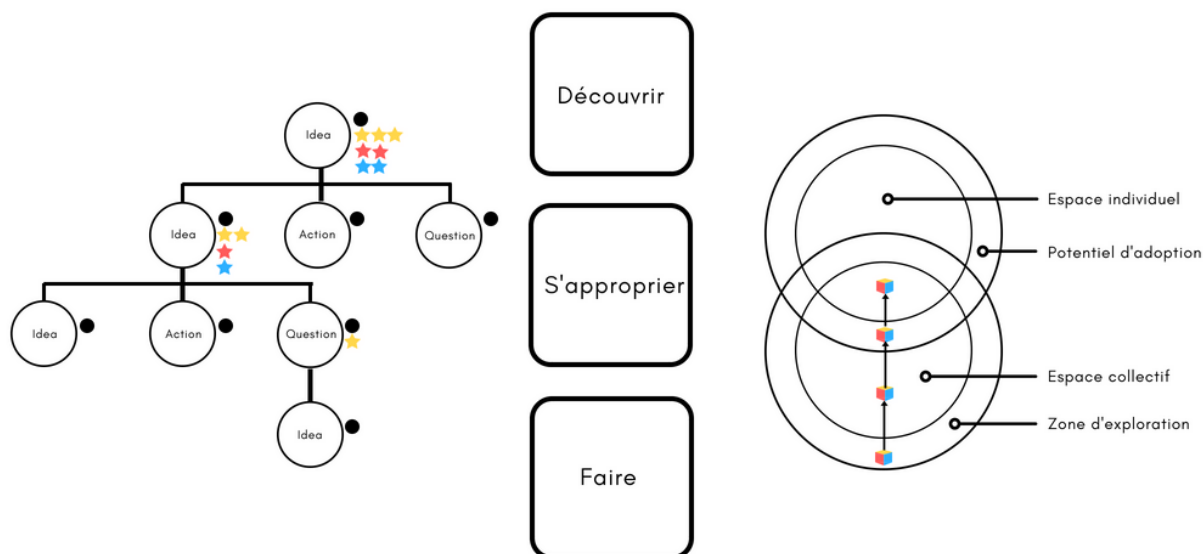


Figure 9. Le système de points conçu et implémenté dans les trois phases du processus de conception (« découvrir », « s'approprier » et « faire »), afin de récompenser les individus qui inspirent aux autres individus du groupe d'élaborer à partir de leurs idées. Ce système récompense d'un « prix » plus important les individus qui font bouger une idée d'un espace à l'autre dans le modèle illustrant la circulation des idées (dans la partie droite du graphique).

1.4 Le processus d'interaction et de communication

Pendant les trois mois du processus de conception, les groupes expérimentaux et de contrôle ont communiqué uniquement de manière asynchrone en utilisant la méthode de conception décrite ci-dessus. Certaines recherches ont montré les avantages de l'interaction et de la communication asynchrones sur les interactions et communications synchrones (Paulus *et al.*, 2015), mais, dans le cas particulier de cette recherche, cette forme d'interaction et de communication a des avantages spécifiques à notre contexte, ainsi qu'à l'expérimentation.

En ce qui concerne l'hétérogénéité de chaque groupe expérimental et de contrôle, celui-ci était composé de l'ensemble des acteurs du système éducatif, intégrant dans le même groupe de travail des élèves, des enseignants, des inspecteurs académiques, des chefs d'établissement, des parents d'élèves et des responsables de formation ou des entreprises publiques, entraînant potentiellement des comportements d'inhibition dans les interactions au cours du processus de conception en raison de la hiérarchie des statuts et des représentations que celle-ci implique. Le

fait de travailler en asynchronie et à distance permettait de nous aider à contrôler cette variable pour éviter l'impact des hiérarchies dans le processus de conception de chaque groupe.

Un autre avantage du travail asynchrone était lié au temps de chaque participant, compte tenu du fait qu'il s'agissait d'un processus de conception à distance avec des individus que les participants ne connaissaient pas, sachant que ce processus représentait pour eux une tâche très chronophage. Dans ce contexte, le fait de travailler à son propre rythme, quand chaque participant était disponible et inspiré pour générer des idées ou pour élaborer à partir des idées des autres individus, représentait l'un des avantages de ce mode d'interaction. Ce problème du « *temps* » est justement l'un des grands problèmes des sessions de brainstorming (Paulus *et al.*, 2015).

Comme chaque individu venait de son propre « *monde* », le fait de donner à chaque individu la possibilité d'explorer son contexte et de s'inspirer de cette exploration pour amener de nouvelles idées au sein de son groupe de conception, représentait un autre des grands avantages de cette façon d'interagir et de travailler (Paulus *et al.*, 2015), en profitant, comme nous l'avons vu dans le cadre théorique, des avantages des interactions hétérogènes sur l'inventivité d'un groupe d'individus (Dezsö et Ross, 2011 ; Loyd *et al.*, 2013 ; Phillips *et al.*, 2006 ; Richard, 2000).

Certains chercheurs soulignent justement l'impact que peut avoir cette hétérogénéité sur le groupe en général, chaque acteur du monde de l'éducation ayant un statut différent (Baker, 2015). Pour cette raison, nous avons besoin de développer un système d'interactions nous donnant la possibilité de minimiser cet impact avec l'anonymisation, pour ainsi dire, des différents acteurs du système éducatif participant à cette recherche, pendant le processus de conception.

1.5 Synthèse

Ce chapitre a introduit la méthode de conception conçue dans le cadre de cette recherche en illustrant les différentes phases de la méthode. Enfin, ce chapitre met une nouvelle fois l'accent sur l'importance et l'impact de l'hétérogénéité des groupes de conception et le rôle qu'a joué cette hétérogénéité sur l'élaboration du système d'interactions décrit dans le présent

chapitre ainsi que sur le choix d'une communication asynchrone au sein de ce système. Pour faire fonctionner ce système d'interactions, nous avons besoin d'un logiciel — décrit dans le chapitre suivant — facilitant les interactions, à distance et en asynchronie, des individus de chaque groupe.

Chapitre 2 : le logiciel facilitant les interactions entre les individus

2.1 Introduction

Afin de mettre en place le système d'interactions ainsi que la méthode de conception décrits dans le chapitre précédent, nous avons besoin de concevoir ou d'adapter un logiciel permettant aux participants de cette recherche de soumettre leurs idées, d'élaborer à partir des idées des autres individus, de voter pour les idées les plus intéressantes afin de choisir une idée dans chaque phase de la méthode de conception, d'ajouter des commentaires ou simplement de trier les idées les plus intéressantes tout en passant par les trois phases de la méthode de conception, afin d'obtenir, à la fin du processus, un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire par groupe.

Outre le fait de guider et d'aider les participants de cette recherche à passer par les différentes phases de la méthode de conception, ainsi que de faciliter les interactions des individus de chaque groupe, le logiciel devait nous permettre de contrôler les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs) en nous facilitant le processus de contrôle de la structure de travail de chaque groupe, pour faire interagir l'ensemble des individus des groupes collaboratifs (ils devaient faire tout le travail ensemble) et pour diviser les groupes coopératifs au début de chaque phase de la méthode de conception. Ce processus est expliqué plus en détail dans le chapitre suivant.

Enfin, comme nous l'avons souligné, le logiciel devait nous permettre de tracer toutes les interactions entre les participants de chaque groupe expérimental et de contrôle pendant tout le processus de conception.

Pour ce faire, nous avons adapté un logiciel existant développé par la société new-yorkaise « *co:collective* ». Ce logiciel nous a permis de réaliser toutes les tâches décrites ci-dessus et que nous allons développer plus en détail dans les sous-sections suivantes.

2.2 Les phases de la méthode de conception

L'adaptation du logiciel développé par la société « *co:collective* » avait pour objectif de simuler les trois phases de la méthode de conception, pendant l'expérimentation de cette recherche, en intégrant lors de chaque phase des vidéos pour guider et pour accompagner les individus de chaque groupe dans l'utilisation des méthodes décrites au chapitre précédent. Les sections suivantes décrivent les trois phases de la méthode de conception du point de vue du logiciel utilisé pour faciliter les interactions des individus de chaque groupe pendant le processus de conception d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

2.2.1 La phase d'inspiration

Avant d'entrer dans le processus de conception lui-même, avec ses trois phases de conception, nous trouvions important de passer par une phase d'adaptation au logiciel.

Pour cette raison, nous avons intégré au logiciel une vidéo qui expliquait le processus de conception que les participants allaient suivre (les trois phases de conception), ainsi que le fonctionnement du logiciel en général au cours de chaque phase (l'élaboration d'une nouvelle idée, l'élaboration à partir des idées des autres individus, les processus de « *divergence* » et de « *convergence* » décrits au chapitre précédent et le système pour motiver les individus à élaborer à partir des idées des autres individus) permettant aux individus d'interagir et de s'habituer au logiciel avant de commencer le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

2.2.2 La phase découvrir

Une fois l'ensemble des individus familiarisé avec le logiciel à utiliser pendant le processus de conception, le logiciel commençait chaque phase avec une question encourageant les individus à aller sur le terrain pour générer des idées et élaborer à partir des idées des autres individus. Les idées dans cette phase étaient appelées des « *découvertes* », car les individus « *découvraient* » des problèmes ou des besoins à partir de leur « *monde* ».

Notre objectif était de simplifier au maximum l'interface du logiciel pour laisser les individus se concentrer sur les « *découvertes* ». Dans ce contexte, afin de soumettre une nouvelle

« découverte », chaque participant devait simplement cliquer sur le « + » situé en bas à droite de l'écran (voir *figure 10*). Cette action permettait aux participants d'ajouter le « titre », la « description » et une image de leur « découverte ».

Une fois une « découverte » soumise par un individu du groupe, elle apparaissait ensuite sous la forme d'une enveloppe fermée pour l'ensemble des individus du groupe. Chaque individu pouvait « ouvrir » l'enveloppe pour explorer la « découverte » soumise, lui permettant ainsi d'élaborer à partir de cette « découverte » en générant une nouvelle « idée », « action » ou « question » à partir du modèle, destiné à élaborer à partir des idées des autres individus, que nous avons décrit dans le chapitre précédent. À chaque fois qu'un individu élaborait sur une « découverte », l'enveloppe devait se refermer pour notifier à l'individu qu'un ou plusieurs individus avaient élaboré sur cette « découverte ».

Ce processus de génération de « découvertes » et d'élaboration des nouvelles « idées » est illustré à la *figure 10*.



Figure 10. Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « découvertes » (première phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration de nouvelles « idées » à partir de ces « découvertes ».

À la fin de cette phase, à travers un système de vote, chaque individu disposait de 30 votes qu'il pouvait distribuer librement entre les « découvertes » les plus intéressantes.

L'objectif de ce système de vote était de choisir une seule « *découverte* » en formulant, sur la base de cette découverte, une question « *comment pourrions-nous* » à partir de la dernière méthode de cette phase décrite au chapitre précédent.

2.2.3 La phase s'approprier

À partir de la question « *comment pourrions-nous* » issue de la « *découverte* » choisie dans la première phase, le logiciel commençait la deuxième phase en affichant dans la partie supérieure de l'écran la question « *comment pourrions-nous* » du groupe, encourageant de cette façon les individus du groupe à générer des idées pour répondre à cette question. Les idées de cette phase étaient appelées des « *solutions* », car les participants généraient des « *solutions* » en s'inspirant de leur contexte pour répondre à la question « *comment pourrions-nous* ».

Comme les participants étaient déjà habitués à l'interface à partir de leur travail pendant la première phase, nous avons utilisé exactement la même interface et le même mécanisme dans la deuxième phase. Ainsi, pour soumettre une nouvelle « *solution* », chaque participant devait simplement cliquer sur le « + » situé en bas à droite de l'écran, comme lors de la première phase. Cette action permettait aux participants d'ajouter le « *titre* », la « *description* » et une image de leur « *solution* ».

Comme dans la première phase, une fois une « *solution* » soumise par un individu du groupe, elle apparaissait ensuite sous la forme d'une enveloppe fermée pour l'ensemble des individus du groupe. Chaque individu pouvait « *ouvrir* » l'enveloppe pour explorer la « *solution* » soumise, lui permettant ainsi d'élaborer ensuite sur cette « *solution* » en générant une nouvelle « *idée* », une « *action* » ou une « *question* » à partir du modèle destiné à élaborer à partir des idées des autres individus, exactement comme lors de la première phase.

Ce processus de génération de « *solutions* » et d'élaboration des nouvelles « *idées* » est illustré à la *figure 11*.



Figure 11. Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « solutions » (deuxième phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration des nouvelles « idées » à partir de ces « solutions ».

De la même manière que lors de la première phase, le logiciel proposait aux individus le même système de vote afin de choisir une seule « solution » en donnant à chaque individu, comme lors de la première phase, 30 votes à distribuer librement entre les différentes « solutions » du groupe.

2.2.4 La phase faire

Une fois la solution choisie par le groupe, le logiciel invitait les participants à entrer dans la dernière phase du processus de conception afin de concevoir un prototype de la solution choisie dans la phase précédente. Le logiciel commençait la troisième et dernière phase du processus de conception en affichant dans la partie supérieure de l'écran la description de la solution proposée par le groupe et en encourageant les individus du groupe à générer des idées pour faire de cette solution un prototype. Les idées de cette phase étaient appelées des « prototypes » et étaient développées par les participants sous la forme d'une maquette

représentant les fonctionnalités du prototype du manuel scolaire numérique d'histoire imaginé dans la « *solution* » de la deuxième phase.

Comme lors des deux phases précédentes, afin de soumettre un nouveau « *prototype* », chaque participant devait simplement cliquer sur le « + » situé en bas à droite de l'écran. Cette action permettait aux participants d'ajouter le « *titre* » et la « *maquette* » (le prototype) représentant la « *solution* » choisie.

Le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus était exactement le même que lors des deux phases précédentes : une fois un « *prototype* » soumis par un individu du groupe, il apparaissait ensuite sous la forme d'une enveloppe fermée pour l'ensemble des individus du groupe. Chaque individu pouvait « *ouvrir* » l'enveloppe pour explorer le « *prototype* » soumis, lui permettant ensuite d'élaborer sur ce « *prototype* » en générant une nouvelle « *idée* », une « *action* » ou une « *question* » à partir du modèle destiné à élaborer à partir des idées des autres individus.

Ce processus de génération des « *prototypes* » et d'élaboration des nouvelles « *idées* » est illustré à la *figure 12*.



Figure 12. Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « prototypes » (troisième phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration des nouvelles « idées » à partir de ces « prototypes ».

De la même manière que pour les deux phases précédentes, le logiciel proposait aux individus le même système de vote afin de choisir un seul « prototype » en attribuant à chaque individu, comme pour la première et deuxième phase, 30 votes à distribuer librement entre les différents « prototypes » générés au sein du groupe.

Le « prototype » issu de cette dernière phase du processus de conception était le prototype du groupe destiné à être testé auprès des différents acteurs du système éducatif afin de mesurer son niveau d'inventivité. Les différents prototypes conçus par les groupes expérimentaux et de contrôle sont illustrés à l'annexe A.

2.3 Le processus d'élaboration d'idées dans le logiciel, la coopération et la collaboration

En ce qui concerne la circulation des idées dans chaque groupe, nous avons utilisé le système d'« *enveloppes* » illustré ci-dessus, afin d'encourager les individus de chaque groupe à élaborer à partir des idées des autres individus, en « *ouvrant* » l'enveloppe et en s'inspirant de son contenu pour générer une nouvelle « *idée* », « *action* » ou « *question* », créant ainsi une chaîne de « *découvertes* » dans la première phase, de « *solutions* » dans la deuxième phase et de « *prototypes* » dans la troisième et dernière phase.

Si nous reprenons notre adaptation du modèle de la « *genèse instrumentale et des interactions sociales* » proposé par Cerisier (2011, p. 114) et qui a été décrit au chapitre 6 de la partie III, dans le logiciel, nous avons créé un système de points sous forme de « *gratification* » pour les participants ; ils étaient utilisés surtout pour donner un feedback aux participants concernant leur participation au processus de génération d'idées. Dans ce contexte, il existait une « *gratification* » pour les individus qui généraient des idées, mais cette « *gratification* » était surtout destinée à gratifier les individus qui amenaient d'autres individus à créer en s'inspirant de leurs idées. Ainsi, dans l'adaptation du modèle proposé par Cerisier (2011) illustré dans la *figure 3*, le système de gratification n'était pas centré sur l'individu qui crée une nouvelle idée (représentée par un cube dans la *figure 3*), mais plutôt sur l'individu qui inspirait le déplacement de l'idée (le cube) d'un espace à l'autre dans le modèle illustré à la *figure 3*.

En ce qui concerne les groupes expérimentaux et de contrôle, ce processus est détaillé au chapitre suivant, mais il est important de remarquer dans le présent chapitre que le logiciel nous permettait de contrôler la division des groupes de contrôle (coopératifs) en sous-groupes pendant le processus de conception. La dynamique de travail des groupes de contrôle était la suivante : au début de chaque phase du processus de conception, les groupes étaient divisés en deux sous-groupes selon la proximité du profil de chaque acteur du système éducatif ; chaque sous-groupe devait choisir une idée (une « *découverte* », une « *solution* » et un « *prototype* ») à travers le processus décrit ci-dessus ; à la fin de chaque phase, les individus de ces groupes travaillent ensemble pour choisir une seule idée à partir des deux idées proposées par chaque sous-groupe. Ainsi, les groupes de contrôle (coopératifs) passaient par un processus de

coopération (pour la circulation des idées) et de collaboration (pour choisir une idée pour tout le groupe). Ce processus est détaillé au chapitre suivant, qui expose en détail l'expérimentation scientifique de cette recherche.

2.4 Les traces numériques d'interaction

Afin de nous permettre d'analyser l'ensemble des interactions des individus des groupes expérimentaux et de contrôle, la dernière caractéristique du logiciel consistait à tracer l'ensemble des interactions en obtenant des fichiers numériques exploitables avec un logiciel d'analyse des réseaux.

Comme nous l'avons déjà dit, nous avons travaillé avec la société « *co:collective* » basée à New York à l'adaptation de ce type de logiciel au contexte de la présente thèse, ce qui nous a permis de tracer toutes les interactions des participants lors du processus de génération des idées ainsi que lors de l'élaboration à partir des idées des autres individus décrits ci-dessus. Nous avons tracé ces interactions concernant trois points essentiels pour la présente recherche : 1) l'ensemble des interactions des groupes expérimentaux et de contrôle, 2) les interactions entre les individus concernant l'« *inspiration* » pour élaborer à partir des idées des autres individus sur la base de l'option « *idées favorites* » et le système de vote décrit ci-dessus et 3) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus sur la base du modèle « *idée, action ou question* ».

Ces analyses sont décrites en détail dans la partie VI consacrée à l'analyse des résultats de cette recherche.

2.5 Synthèse

Dans le présent chapitre, nous avons décrit le fonctionnement du logiciel utilisé pendant l'expérimentation pour faciliter les interactions des participants de chaque groupe afin de les guider et de les accompagner dans le processus de conception d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire (l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir choisi pour cette thèse) en utilisant comme base la méthode de conception décrite au chapitre précédent. Ce logiciel a également été utilisé comme instrument de recherche pour la collecte de données des traces d'interaction des individus de chaque groupe pendant l'expérimentation.

Dans le chapitre suivant, nous exposerons en détail l'expérimentation scientifique, qui a exploité tant la méthode de conception décrite au chapitre 1 que le logiciel décrit dans le présent chapitre, qui a facilité les interactions.

Chapitre 3 : l'expérimentation scientifique

3.1 Introduction

Ce chapitre présente plus en détail l'expérimentation scientifique décrite de façon très synthétique au chapitre 1 de cette partie et réalisée dans le cadre du projet industriel de cette recherche afin de tester les hypothèses décrites au chapitre 3 de la partie II.

Pour rappel, dans le cadre de l'expérimentation de cette recherche, six groupes intercatégoriels constitués chacun de neuf profils différents d'individus issus du système éducatif ont travaillé uniquement à distance pendant trois mois. Trois groupes ont travaillé de façon coopérative et trois groupes ont travaillé de façon collaborative afin de concevoir à la fin de l'expérimentation un prototype (une maquette) des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire par groupe.

Ce chapitre détaille la préparation de l'expérimentation ainsi que l'ensemble du processus de conception suivi tant par les trois groupes expérimentaux (collaboratifs) que par les trois groupes de contrôle (coopératifs).

Il convient d'observer que plusieurs partenaires ont été sollicités pour préparer et exécuter l'expérimentation scientifique ainsi que le projet industriel de cette recherche. Ainsi, il a fallu prendre contact avec les différents acteurs du système éducatif : l'École Supérieure de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (ESENESR, aujourd'hui IH2EF) pour contacter les personnels de direction, les enseignants et les inspecteurs académiques ; la Région Nouvelle-Aquitaine pour contacter les parents d'élèves, les élèves et les enseignants ; et le réseau du système éducatif en général pour contacter les autres acteurs.

En ce qui concerne les tests des prototypes conçus par les trois groupes expérimentaux et les trois groupes de contrôle, le rectorat de l'académie de Poitiers nous a mis en relation avec des enseignants et des élèves afin de tester le niveau d'inventivité de chaque prototype conçu, comme nous l'avons expliqué précédemment. Notons que, pour cette tâche, nous avons également utilisé le réseau des acteurs du système éducatif en général afin de tester les prototypes conçus avec d'autres acteurs du système éducatif, notamment les acteurs associés à la conception et à l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage.

Dans les sous-sections qui suivent, nous décrivons trois grandes parties de l'expérimentation scientifique : 1) la préparation concernant surtout le recrutement et la sélection des participants à l'expérimentation, 2) le processus de conception qui mettait notamment en place la méthode de conception et le logiciel facilitant les interactions des individus de chaque groupe, décrits aux chapitres 1 et 2 de la présente partie et 3) l'évaluation de ces prototypes afin de déterminer le niveau de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* » de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle.

3.2 La préparation

La première étape concernant l'expérimentation scientifique était d'encourager les différents acteurs du système éducatif à participer au projet industriel REMASCO (pour reconcevoir le manuel scolaire à l'ère du numérique), afin de repenser et de reconcevoir les fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique en général à partir de l'exemple d'un manuel scolaire numérique d'histoire. En ce qui concerne les participants, il s'agissait d'un appel à participation uniquement pour le projet industriel REMASCO.

Dans ce contexte, notre objectif était de constituer six groupes de conception hétérogènes incluant différentes catégories d'acteurs du système éducatif par groupe de conception. Ainsi, nous avons choisi d'inclure dans chaque groupe neuf personnes aux profils différents (les mêmes pour tous les groupes). Chaque groupe était composé d'un élève, d'un enseignant d'histoire, d'un enseignant d'une discipline différente de l'histoire, d'un chef d'établissement, d'un inspecteur académique, d'un parent d'élève, d'un personnel de direction stagiaire, d'un formateur et d'un représentant d'une entreprise liée à la conception d'artefacts d'apprentissage.

Le deuxième objectif était de concevoir une façon d'interagir et de travailler pendant le processus de conception collaborative et coopérative. Ainsi, trois groupes travaillant de façon collaborative représenteraient les groupes expérimentaux, et les trois autres groupes travaillant de façon coopérative représenteraient les groupes de contrôle. Le choix de six groupes (trois expérimentaux et trois de contrôle) au lieu de deux avait pour but de mieux évaluer et de contrôler les variables d'intérêt et de désintérêt, ainsi que la validité de l'expérimentation concernant les participants et les menaces de 1) maturation, 2) sélection et 3) sélection par maturation, comme nous l'avons décrit au chapitre 2 de la partie précédente. Un plan

expérimental avec six groupes dans l'expérimentation nous permettait également de contrôler les menaces décrites au chapitre 2 de la partie précédente concernant 1) les instruments, 2) l'artificialité et la 3) configuration de la recherche.

Le choix de la discipline concernant le prototype de manuel scolaire numérique à concevoir (histoire) a été opéré en fonction du développement du projet industriel et de la complexité de ses partenariats. En affirmant que le choix de la discipline n'avait à priori pas d'impact sur les questions fondamentales de recherche de la présente thèse, nous avons laissé les partenaires du groupement scientifique GIS INEFA, qui portait le projet industriel de cette recherche, choisir la discipline du manuel scolaire numérique à prototyper.

3.2.1 Sélection des participants

Il convient de remarquer que la participation des différents acteurs du système éducatif était complètement volontaire. C'est justement pour cette raison que nous avons dû chercher des arguments convaincants pour recruter les participants.

3.2.1.1 Convaincre les différents acteurs du système éducatif

Afin de convaincre les différents acteurs du système éducatif de participer au projet REMASCO et à l'expérimentation scientifique de cette recherche pendant les trois mois que durera la conception des fonctionnalités du manuel scolaire numérique d'histoire, nous avons utilisé notre méthode de conception pour motiver les participants en l'adaptant au profil de chaque acteur du système éducatif.

Nous avons essayé d'homogénéiser quelques caractéristiques générales (l'âge, l'intérêt pour le numérique éducatif et la maîtrise du numérique en général) des participants pour chaque profil afin de minimiser les éventuels effets imputables aux différences entre les caractéristiques individuelles lors du processus de conception.

3.2.1.2 Les élèves et les parents d'élèves

Notre objectif était de recruter six élèves afin d'intégrer un élève par groupe. Nous avons utilisé l'environnement numérique de travail (ENT) des établissements de la Région Nouvelle-Aquitaine (partenaire du projet) afin d'attirer directement l'attention des élèves de seconde,

compte tenu du fait que le prototype des fonctionnalités du manuel scolaire numérique d'histoire était justement axé sur ce niveau. Afin de motiver les élèves, nous avons préparé une annonce indiquant que les méthodes à utiliser lors des trois étapes du processus de conception étaient également utilisées par les plus grandes universités, ainsi que par les plus grandes entreprises, témoignant ainsi de leur application directe dans le cadre de leurs études et de leur future vie professionnelle.

En ce qui concerne les parents d'élèves, ils ont également été contactés par l'intermédiaire de l'environnement numérique de travail (ENT) des établissements de la Région Nouvelle-Aquitaine. L'annonce adressée aux élèves comportait une partie dédiée aux parents d'élèves travaillant dans le monde de la conception ou du développement d'outils numériques.

3.2.1.3 Les enseignants et les formateurs

Pour ce qui est des enseignants, il nous semble que la participation à ce projet obéissait à un autre motif ; elle dépendait principalement de l'amélioration du processus de travail de leurs élèves, surtout en matière de résolution de problèmes dans le travail en groupe. Notre objectif était de montrer aux enseignants comment ils pouvaient appliquer la méthode de conception utilisable dans leur salle de classe, surtout lors de la phase de collaboration ou de coopération des élèves dans le cadre d'un travail de résolution de problèmes.

Afin d'attirer l'attention des enseignants, le rectorat de l'académie de Poitiers était chargé de diffuser l'appel à participation (avec les éléments destinés aux enseignants) auprès des enseignants à l'échelle nationale. L'objectif était de recruter six enseignants d'histoire (étant donné que les fonctionnalités du manuel scolaire numérique à prototyper étaient celles d'un manuel d'histoire) et six enseignants d'une discipline différente, étant donné que nous nous concentrons sur le prototypage des fonctionnalités du manuel scolaire numérique et non sur le contenu de ce dernier.

En ce qui concerne les formateurs, la motivation était très similaire à celle des enseignants. Nous avons donc utilisé une version adaptée de l'appel à participation utilisé pour les enseignants. Pour contacter les formateurs, nous avons eu recours au réseau personnel des partenaires du projet, en essayant de recruter six formateurs dans l'ensemble du pays.

3.2.1.4 Les inspecteurs académiques et les personnels de direction

Comme la motivation des enseignants était différente de celle des élèves, celle des inspecteurs académiques et des personnels de direction l'était également, même si, dans ce cas, il était possible d'intégrer dans l'appel à participation les éléments de motivation utilisés pour les élèves et les enseignants, en vue de les adapter aux inspecteurs académiques et personnels de direction. Notre objectif était d'intégrer également une réflexion sur l'amélioration du travail collaboratif et coopératif des enseignants et sur les méthodes de conception pouvant être utilisées pour inviter les enseignants à travailler ensemble. Un autre objectif intégré à l'appel à participation des inspecteurs académiques et des personnels de direction concernait leur implication potentielle dans l'élaboration d'un nouveau mode de conception d'un artefact numérique d'apprentissage et de la manière dont ils pourraient être des participants directs au processus de transformation des fonctionnalités du manuel scolaire à l'ère du numérique.

Dans ce cas précis, l'École Supérieure de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (ESENESR, actuellement IH2EF) était chargée de recruter tant les inspecteurs d'académie que les personnels de direction via l'appel que nous avons élaboré conjointement. De cette façon, l'ESENESR (actuellement IH2EF) nous a communiqué les coordonnées de six inspecteurs d'académie et de six personnels de direction sélectionnés par tirage au sort pour participer, dans le cadre du projet REMASCO, à l'expérimentation scientifique de la présente thèse.

3.2.1.5 Les institutions

Enfin, nous avons besoin d'intégrer dans chaque groupe de conception un individu plus expérimenté dans la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage. Nous avons donc utilisé le réseau personnel des partenaires du projet pour attirer l'attention de potentiels participants d'institutions publiques ou privées. La motivation requise dans l'appel à participation était essentiellement celle de contribuer à l'élaboration d'une nouvelle méthode de conception adaptée à la conception et au développement d'artefacts numériques d'apprentissage. Elle était également sous-jacente au fait de travailler, dans ce processus de conception, avec l'ensemble des acteurs du système éducatif. Nous avons recruté six individus

représentant différentes institutions œuvrant autour de la conception et de l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage.

3.2.1.6 La sélection finale des participants

Une fois reçues toutes les candidatures, la première étape a consisté de contacter chaque participant potentiel afin d'harmoniser les profils de chaque groupe d'acteurs du système éducatif. Ce processus a été suivi pour tous les groupes décrits ci-dessus, sauf pour les inspecteurs académiques et les personnels de direction, l'ESENER (actuellement IH2EF) étant chargé d'effectuer cette sélection au tirage au sort et de nous proposer les six inspecteurs académiques, ainsi que les six membres du personnel de direction choisis pour participer au projet REMASCO et à l'expérimentation scientifique.

De cette façon, nous avons choisi six individus par groupe d'acteurs du système éducatif, en essayant également d'équilibrer les participants en fonction du genre afin d'harmoniser cette caractéristique dans les six groupes de conception. Grâce à cette sélection, nous avons été en mesure de distribuer de manière aléatoire l'ensemble des participants de chaque groupe d'acteurs entre les six groupes de conception, obtenant de cette manière un individu appartenant à un profil d'acteurs du système éducatif par groupe de conception.

Une fois les participants distribués aléatoirement dans les groupes de conception, nous avons accordé une attention particulière à la distribution des participants en fonction du genre, afin d'obtenir dans chaque groupe de conception 50 % de représentants du sexe masculin et du sexe féminin, tout en tenant compte du fait que, dans la revue de la littérature, nous avons constaté que cette caractéristique pouvait jouer un rôle dans la performance d'un groupe (Comstock, 2012 ; Dezsö et Ross, 2011).

3.2.2 Présentation du projet industriel aux participants

Une fois les participants distribués entre les six groupes de conception, trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle concernant l'expérimentation scientifique, nous avons organisé le calendrier de travail et procédé à une première présentation du projet REMASCO avec l'ensemble des partenaires grâce à une présentation en direct permettant aux participants de poser des questions au fur et à mesure que la présentation se déroulait.

Comme nous l'avons expliqué au chapitre 1 de la présente partie, le processus de conception s'est uniquement déroulé à distance, pour chaque groupe, au cours d'une période de trois mois. Pour cette raison, nous avons préparé une première vidéo de 30 minutes afin de présenter aux participants les objectifs du projet, le calendrier, la méthode de conception et de travail en général, le système de points (attribuant des points aux participants qui avaient soumis une idée et trois fois plus de points à ceux qui avaient amené d'autres participants à élaborer à partir de leur idée) destiné à encourager les participants à générer de nouvelles idées et à élaborer à partir des idées des autres participants, ainsi que le logiciel utilisé pour interagir et concevoir les prototypes.

De cette façon, les participants ont été en mesure de commencer leur travail pendant les trois phases du processus de conception décrites au chapitre 2 de cette partie. Nous avons procédé à une présentation générale des trois phases de la méthode de conception. Au début de chaque phase, les participants disposaient d'une vidéo de 30 minutes expliquant en détail chaque phase ainsi que leurs méthodes (dont nous avons fourni une explication détaillée au chapitre 2 de la présente partie).

3.2.3 Mise en place de la méthode de conception, du logiciel facilitant les interactions et d'autres outils de communication

Une fois tous les participants sélectionnés et bien informés du déroulement du processus de conception, l'objectif a consisté à mettre en place l'ensemble du dispositif visant à organiser et accompagner un processus de conception d'une durée de trois mois avec les six groupes de travail intégrant les neuf profils d'individus issus du système éducatif décrits ci-dessus. Le premier pas a été de mettre en place le logiciel facilitant les interactions entre les individus pendant le processus de conception.

Dans ce contexte, nous avons créé un compte personnel dans le logiciel facilitant les interactions des individus (la génération d'idées et l'élaboration à partir des idées des autres individus) afin de permettre aux participants de se connecter au logiciel. Les participants ne se connaissaient pas et ne se sont jamais rencontrés dans le cadre du projet. Dans le logiciel, les participants pouvaient uniquement voir le prénom et le nom de chaque participant avec lequel ils allaient travailler. Nous avons également organisé la discussion avec les participants grâce à

un logiciel de gestion de projets. Cet outil nous a permis notamment d'envoyer des messages pour informer les participants d'un groupe spécifique, ou de tous les groupes (ex. alerter les participants d'une difficulté en lien avec le logiciel ou rappeler les participants quand nous allons passer à la phase suivante du processus de conception) ; il nous a également permis d'être en contact direct avec chaque participant afin de résoudre d'éventuelles difficultés techniques (ex. ne pas pouvoir soumettre une idée, avoir un problème pour se connecter, etc.). Cet outil (en plus de plusieurs échanges téléphoniques pendant la première semaine de l'expérimentation) dédié à l'assistance technique n'a eu aucune incidence dans le déroulement de l'expérimentation (le processus de conception) puisqu'après les premiers jours de l'expérimentation, aucun participant n'a rencontré de problèmes, visiblement parce que les participants se sont habitués au logiciel.

À cette étape, les participants étaient prêts à commencer le travail. Il leur manquait uniquement les consignes pour organiser leur travail : collaboratif pour les groupes expérimentaux et coopératif pour les groupes de contrôle.

Comme nous l'avons vu, la méthode de conception reposait sur une organisation du travail des groupes en trois étapes : 1) la phase découvrir, 2) la phase s'approprier et 3) la phase faire. Les groupes expérimentaux (collaboratifs) ont intégralement suivi les trois étapes en faisant travailler ensemble les neuf profils d'individus pendant tout le processus de conception relatif à la circulation des idées. Pour les groupes de contrôle (coopératifs), nous avons adapté la méthode de conception, ainsi que le logiciel facilitant les interactions pour faire en sorte qu'ils coopèrent (se divisent en sous-groupes pour accomplir le travail de conception) au lieu de collaborer. Ainsi, au début de chaque phase de la méthode de conception, les neuf profils d'individus devaient collaborer (travailler ensemble). Mais une fois que la circulation des idées commençait dans chaque phase, chaque groupe de contrôle était divisé en deux sous-groupes, rassemblant les profils les plus proches dans chaque sous-groupe : le premier sous-groupe se composait de l'élève, des deux enseignants, du parent d'élève et du formateur ; le deuxième sous-groupe de chaque groupe de contrôle se composait de l'inspecteur académique, du personnel de direction, du personnel de direction stagiaire et du représentant d'une entreprise liée à l'édition et à la conception.

Tout ce processus visant à diviser les groupes de contrôle en sous-groupes pendant les trois phases de la méthode de conception a été réalisé de façon automatique grâce au logiciel qui facilitait les interactions des individus. De cette façon, au début de chaque phase, les deux sous-groupes (des groupes coopératifs) recevaient une question concernant chaque phase de la méthode de conception (décrite au chapitre 1 de cette partie). Ensuite, les participants de chaque sous-groupe commençaient à générer des idées et à élaborer à partir des idées des autres individus afin de répondre à la question posée lors de chaque phase de la méthode de conception.

À la fin de chaque phase, les individus de chaque sous-groupe devaient choisir une ou deux idées à présenter à l'ensemble du groupe (l'ensemble des individus des deux sous-groupes) ; ainsi, les individus des deux sous-groupes devaient choisir conjointement une seule idée.

Ce processus de travail coopératif a été répété pour chaque phase jusqu'à l'obtention du prototype final.

En ce qui concerne les groupes expérimentaux (collaboratifs), le processus de travail était plus simple à comprendre, étant donné que tous les membres de ces groupes ont travaillé ensemble (sans se diviser en sous-groupes) tout au long du processus de conception.

3.3 La conception de l'artefact numérique d'apprentissage

Une fois les groupes constitués et les membres de chaque groupe à l'aise avec la méthode de conception, ainsi qu'avec le logiciel facilitant les interactions des individus de chaque groupe, nous étions prêts pour commencer le processus de conception.

3.3.1 Préparation des participants à la méthode de conception

En plus des trois phases composant la méthode de conception, nous avons ajouté une phase de préparation au processus, afin d'aider les participants à s'habituer non seulement à la méthode de conception, mais également au processus de circulation des idées dans chaque phase.

Ainsi, nous avons préparé quatre vidéos de 30 minutes chacune (Annexe C), afin de préparer les participants de chaque groupe au début de chaque phase du processus de conception. La première vidéo montrait un exemple pratique du processus de circulation des idées.



Figure 13. Production des vidéos pour faciliter le processus de conception pendant les trois mois d'expérimentation.

3.3.2 Le processus de conception des prototypes des fonctionnalités des manuels scolaires numériques d'histoire

Comme nous l'avons remarqué, la première phase de la méthode de conception commençait par une vidéo qui expliquait les objectifs, ainsi que chaque méthode appartenant à cette première phase. Ensuite, les participants entraient pendant trois semaines dans un processus de génération d'idées et d'élaboration à partir des idées des autres individus. Après ces trois semaines de génération d'idées, les groupes disposaient d'une semaine pour choisir une seule idée. De cette façon, chaque phase représentait quatre semaines de travail.

Il est important de rappeler que, dans la première phase, les idées étaient appelées des « *découvertes* » (de la problématique), dans la deuxième phase des « *solutions* » (pour répondre à la problématique) et dans la troisième et dernière phase des « *prototypes* » (les solutions matérialisées).

Toutes les variables pouvant influencer le déroulement de l'expérimentation scientifique pendant les trois mois de travail ayant été neutralisées, tout le processus s'est déroulé de la façon prévue, sans problèmes majeurs à relever. Au début du processus de conception, nous avons eu un échange soutenu avec les participants qui commençaient à s'habituer au logiciel et à la méthode de conception, avec quelques problèmes techniques mineurs liés essentiellement au logiciel facilitant la circulation des idées de chaque groupe.

À la fin du processus de conception, chaque groupe a réussi à produire un prototype (une maquette) des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire. Ces prototypes sont présentés en détail à l'annexe A de ce travail.

Tout au long des trois mois du processus, nous avons tracé l'ensemble des interactions des groupes expérimentaux et de contrôle afin d'analyser de façon quantitative les deux facteurs de notre cadre théorique : 1) le niveau de l'élément « *énergie* » de chaque groupe et 2) le niveau de l'élément « *engagement* » de chaque groupe. Comme nous l'avons décrit auparavant, nous avons utilisé ces deux éléments pour identifier les différences concernant la circulation des idées dans les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs).

À la fin de l'expérimentation, les fichiers « *.sql* » et « *.csv* » étaient « *propres* » et prêts à être analysés. Ces analyses sont présentées dans la partie VI consacrée aux résultats.

D'un point de vue qualitatif, nous avons pu observer différents processus d'interactions tant dans les groupes collaboratifs comme dans les groupes coopératifs.

Avant de continuer, il faut remarquer que nous ne nous intéressons pas dans cette thèse aux résultats observés selon les profils des participants, chaque élève, chaque enseignant, chaque inspecteur étant différent au-delà de ce profil. Nous ne nous intéressons pas non plus au contenu des idées individuelles de chaque participant et à leur analyse, une idée pouvant être bonne pour une personne et mauvaise pour une autre personne. Cette thèse s'intéresse aux dynamiques de travail collaboratif et coopératif dans le processus de conception d'artefacts numériques

d'apprentissage. C'est pour cette raison que nous proposons une méthode de conception qui a pour objectif de concevoir en 3 mois, un prototype (une maquette).

Rappelons qu'une des raisons pour laquelle nous avons choisi de travailler avec les participants sans qu'ils ne se connaissent ni se voient était d'éviter l'impact des hiérarchies dans le processus de conception. Dans le groupe 1 (collaboratif) nous avons observé une dynamique d'échanges centrée sur l'élève du groupe. Puisque chaque participant avait la possibilité de construire une nouvelle idée, action ou question à partir des idées des autres participants, nous avons noté que dans ce groupe, les idées de base venaient de l'élève, et les autres participants élaboraient à partir des éléments ou des idées de l'élève. Nous avons également noté que l'élève déposait souvent les premières idées servant d'inspiration aux autres participants.

En ce qui concerne le groupe 3 (également collaboratif), nous avons observé que le groupe était assez divisé entre ceux qui pensaient que le format papier est important et ceux qui pensaient qu'il faut abandonner le format papier. Comme nous pouvons le voir dans l'Annexe A, la maquette (le prototype) de ce groupe était le seul à conserver le format papier, tout en utilisant le numérique pour faire ce que le papier n'est pas capable de faire, mais en gardant l'expérience qui donne à l'utilisateur le format papier. Une fusion d'idées que nous trouvons intéressant à remarquer.

En observant d'un point de vue qualitatif le processus de conception du groupe 6 (coopératif), nous avons remarqué qu'un des sous-groupes (rappelons que les groupes coopératifs se divisaient en deux sous-groupes au moment d'entrer dans chaque phase du processus de conception) voulait construire un manuel scolaire où l'utilisateur avait la possibilité d'adapter son parcours (guidé, semi-guidé ou en autonomie), l'autre sous-groupe proposait un manuel scolaire modifiable inspiré de Wikipedia. Si nous observons le résultat final, ce groupe avait gardé l'idée de créer un parcours personnalisé pour l'utilisateur, mais dans le reste de la proposition, nous voyons cette idée disparaître, laissant la place à l'idée inspirée de Wikipedia.

Nous pensons que ce qu'il se passé dans le groupe 6 (coopératif) nous donne une piste intéressante en lien avec notre hypothèse : comme chaque sous-groupe avait travaillé son idée de façon séparé (en coopérant), au moment de la décision de choisir une seule idée, le groupe a

« pénalisé » la première idée laissant plus de place dans le résultat final à la deuxième idée. Si nous comparons le processus du groupe 6 (coopératif) avec celui du groupe 3 (collaboratif), le prototype du groupe 3 a intégré dans son prototype (la maquette) tant les éléments des individus voulant garder le format papier comme les éléments des individus voulant intégrer uniquement le numérique. Cela reste une observation de la part du chercheur, mais elle donne probablement, une piste intéressante sur la dynamique de travail d'un groupe collaboratif et coopératif.

Enfin, d'un point de vue qualitatif, nous n'avons pas identifié d'autres observations à relever dans les groupes 2 et 5 (coopératifs), ni dans le groupe 4 (collaboratif). Cela pourrait être dû à la personnalité des participants ou aux dynamiques intra-personnelles, facteurs que nous n'avons pas explorés, mais qui dans de futurs projets seraient également intéressants à explorer et à considérer.

3.4 Évaluation des prototypes en vue de déterminer leur niveau d'invention

Une fois les six prototypes conçus, notre deuxième objectif était d'analyser chaque prototype auprès des élèves et des enseignants (les utilisateurs potentiels), ainsi que de différents individus du système éducatif travaillant dans le milieu de l'édition et de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage.

Nous avons ainsi travaillé avec différentes personnes contactées à travers notre réseau de partenariats dans le cadre du projet industriel de cette recherche. En ce qui concerne les élèves et les enseignants, le rectorat de l'académie de Poitiers nous a facilité l'entrée dans un lycée de la ville de Poitiers pour réaliser les évaluations individuelles de chaque prototype conçu pendant deux journées avec des élèves et des enseignants.

Au total, 396 évaluations individuelles ont été effectuées par 66 individus représentant des élèves et des enseignants (les utilisateurs potentiels), ainsi que des individus liés au monde de la conception et de l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage (le déroulement de ces évaluations a été décrit dans la sous-section 3.2.2 de la partie IV), ce qui nous a permis d'obtenir, grâce aux formules présentées au chapitre 3 de la partie IV, un « *coefficient d'invention* » sur la

base des évaluations individuelles concernant le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype évalué, ainsi que sa « *perception d'utilité* ».

Tout ce processus d'évaluation des prototypes visant à mieux comprendre le niveau d'invention de chaque prototype a été décrit au chapitre 3 et 4 de la partie IV, alors que les analyses des résultats seront présentées en détail au chapitre 2 de la partie VI.

3.5 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté le déroulement de l'expérimentation scientifique de notre recherche. Étant donné que, dans la partie précédente, nous avons déjà décrit les données concernant l'expérimentation scientifique, l'objectif de ce chapitre était d'en illustrer le déroulement. Le chapitre a donc été divisé en deux grandes parties. La première partie décrit le processus de conception d'une durée de trois mois ainsi que toutes les préparations nécessaires. La deuxième partie décrit l'évaluation des prototypes conçus pendant le processus de conception, afin de mesurer le niveau d'invention de chaque prototype conçu. La procédure de ces deux parties a été détaillée dans le cadre théorique, ainsi que dans le cadre méthodologique. La partie suivante expose en détail les résultats de ces analyses.

Partie VI : analyse des résultats

Les trois chapitres suivants décrivent comment les résultats de l'expérimentation présentée au chapitre 3 de la précédente partie ont été évalués lors de la conception des six prototypes de fonctionnalités de manuels scolaires numériques d'histoire. Chaque chapitre est consacré à une partie différente de l'évaluation. Nous nous référons à ces trois chapitres en les désignant comme suit : analyse 1, analyse 2 et analyse 3.

Les trois analyses sont liées entre elles. L'aperçu suivant est là pour clarifier ces relations et pour résumer les objectifs généraux de recherche, la méthode, le cadre et la mise en œuvre technique :

- L'analyse 1 vérifie les résultats des interactions des individus des trois groupes expérimentaux (collaboratifs), ainsi que des trois groupes de contrôle (coopératifs) pendant le processus de conception d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire en nous aidant à mieux comprendre la circulation des idées de chaque groupe de conception et en observant plus précisément la différence, en ce qui concerne la circulation des idées grâce aux éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* », entre les groupes expérimentaux et de contrôle.
- L'analyse 2 décrit l'impact de ces interactions et, plus précisément, du processus de circulation des idées des groupes expérimentaux et de contrôle sur l'inventivité de chaque groupe en analysant le niveau d'invention de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle.
- Enfin, l'analyse 3 étudie l'impact de ces interactions sur l'influence individuelle et collective au sein des groupes expérimentaux et de contrôle en regardant l'artefact conçu par les différents groupes à la fois comme un « *objet-valise* » et un « *objet-frontière* » (Flichy, 2003).

La question de recherche globale pour l'ensemble de la thèse peut être résumée comme suit :

Les interactions collaboratives et coopératives influencent-elles l'inventivité d'un groupe de conception lors du processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage au sein d'un système éducatif ?

Dans ce contexte, chaque analyse aborde des sous-questions différentes avec des méthodes s'appuyant principalement sur les traces numériques collectées au cours des interactions pendant le processus de conception de chaque artefact numérique d'apprentissage. Nous avons également utilisé des questionnaires pour les participants et des évaluations semblables aux entretiens pour évaluer le niveau d'inventivité de chaque artefact numérique d'apprentissage conçu, mais avec un cadre très spécifique pour quantifier ces évaluations. L'ensemble du processus est décrit dans les 3 chapitres suivants.

Chapitre 1 : analyse 1 — la circulation des idées et les interactions collaboratives et coopératives.

Chapitre 2 : analyse 2 — la circulation des idées, la collaboration, la coopération et l'inventivité collective.

Chapitre 3 : analyse 3 — la circulation des idées et l'influence individuelle et collective.

Chapitre 1 : analyse 1 — la circulation des idées et les interactions collaboratives et coopératives

1.1 Introduction

Ce chapitre décrit l'analyse 1. Cette analyse vérifie les résultats des interactions entre les individus des trois groupes expérimentaux (collaboratifs), ainsi que des trois groupes de contrôle (coopératifs) afin de mieux comprendre 1) la circulation des idées de chaque groupe, 2) les éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* » de chaque groupe à partir du cadre théorique et 3) l'obtention d'un « *coefficient de collaboration* » pour chaque groupe à partir du produit entre les éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* » du cadre théorique.

Pour rappel, les traces analysées entre les individus des groupes expérimentaux et de contrôle ont été obtenues à partir des interactions des individus de chaque groupe pendant le processus de conception, processus de travail d'une durée de trois mois. Les interactions entre les participants ont uniquement été effectuées en ligne avec des individus représentant l'ensemble du système éducatif et venant de différentes régions de France.

1.2 Questions de recherche

Ce chapitre aborde les questions suivantes :

Q1. Est-ce qu'un processus de conception avec une méthode favorisant les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — d'un groupe hétérogène de conception d'artefacts numériques d'apprentissage, qui intègre l'ensemble des acteurs du système éducatif, accroît la circulation des idées du groupe de conception ?

Q2. Est-ce qu'un processus de conception avec une méthode favorisant les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — d'un groupe hétérogène de conception d'artefacts numériques d'apprentissage, qui intègre l'ensemble des acteurs du système éducatif, réduit la génération des « *chambres d'écho* » du groupe de conception ?

Dans les sous-sections suivantes, nous allons décrire l'approche méthodologique adoptée dans cette analyse en particulier ; après cet aperçu, nous présenterons les principaux résultats, qui seront suivis d'une conclusion pour cette première analyse.

1.3 Méthodologie et objectifs

Cette première analyse considère les interactions de chaque groupe expérimental et de chaque groupe de contrôle pendant les trois mois du processus de conception. Il faut rappeler que l'ensemble (100 %) des interactions ont été analysées en tenant compte du fait que notre méthode de conception limitait les échanges entre participants autour du processus de conception, ce qui nous a permis d'analyser l'ensemble des interactions.

Nous avons choisi de procéder à quatre analyses sur la base des éléments du cadre théorique :

1. Mesurer le niveau de l'élément « *engagement* » décrit dans le cadre théorique pendant le processus de circulation des idées de chaque groupe au sein du processus de conception, afin de nous permettre de faire une comparaison entre les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs).
2. Mesurer le niveau de l'élément « *énergie* » décrit dans le cadre théorique pendant le processus de circulation des idées de chaque groupe au sein du processus de conception, afin de nous permettre de faire une comparaison entre les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs).
3. Obtenir un « *coefficient de collaboration* » pour chaque groupe à partir du produit entre les éléments « *engagement* » et « *énergie* » du cadre théorique.
4. Observer la différence dans la valeur des éléments « *engagement* » et « *énergie* », ainsi que dans le « *coefficient de collaboration* » dans la circulation des idées pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

1.3.1 Déroutement du processus de conception

Précédemment, nous avons déjà décrit en détail l'ensemble du processus de conception en passant par les trois phases de la méthode de conception proposée, plus une phase d'inspiration et de préparation à la méthode de conception. Dans ce contexte, nous avons tracé l'ensemble des interactions entre les individus de chaque groupe uniquement pendant les trois phases de la méthode de conception. Ainsi, le travail a été divisé de la façon suivante, tant pour les groupes expérimentaux que pour les groupes de contrôle :

1.3.1.1 Groupes expérimentaux (collaboratifs)

En ce qui concerne la première phase du processus de conception (la phase que nous avons appelée « *découvrir* » et qui a été décrite dans la partie précédente), les trois premières semaines de travail ont été consacrées à la circulation des idées entre les neuf individus de chaque groupe, afin de mieux comprendre les besoins relatifs aux fonctionnalités de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir (un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire). Après ce processus de circulation des idées (de « *découvertes* »), une semaine a été consacrée au vote afin de choisir une seule « *découverte* ».

Après avoir choisi la « *découverte* », chaque groupe est entré dans la phase « *s'approprier* » afin de s'approprier la « *découverte* », et a ensuite passé trois semaines à générer des « *solutions* » dans un processus de circulation des idées similaire à celui des trois premières semaines de la première phase. Comme pour la première phase, à l'issue de ces trois semaines de circulation des idées, les participants ont eu une semaine pour choisir une seule « *solution* ».

La troisième et dernière phase, la phase « *faire* », a suivi un processus similaire aux deux autres phases précédentes : trois semaines pour entrer dans un processus de circulation des idées en générant des « *prototypes* » et une semaine pour choisir un seul « *prototype* ».

Ainsi, nous avons esquissé les trois mois représentant l'ensemble du processus de conception du prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

1.3.1.2 Groupes de contrôle (coopératifs)

Le processus de conception des groupes de contrôle a été identique à celui des groupes expérimentaux, avec une seule différence cependant : pendant les trois semaines du processus de circulation des idées de chaque phase de la méthode de conception, les groupes ont été divisés en deux sous-groupes. À la fin de ces trois semaines de travail, chaque sous-groupe est entré pendant deux jours dans un processus de vote en vue de choisir une seule idée par sous-groupe. Ensuite, pendant cinq jours, les groupes ont travaillé ensemble en collaboration (les neuf individus les composant) afin de choisir une seule idée dans chaque phase (une « *découverte* » dans la première phase, une « *solution* » dans la deuxième phase et un « *prototype* » dans la troisième).

Ce faisant, nous avons tracé l'ensemble des interactions pendant tout le processus coopératif de circulation des idées, en simulant la conception coopérative d'artefacts numériques d'apprentissage en général et plus particulièrement celle des manuels scolaires numériques (Gérard et Roegiers, 2009 ; Radtka, 2013).

1.4 Résultats

Les sous-sections suivantes rendent compte des résultats, y compris le calcul des éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* », la vérification des objectifs et les observations inattendues. Il devrait être souligné que les trois groupes expérimentaux, ainsi que les trois groupes de contrôle, ont accompli la tâche de conception pendant les trois mois qu'a duré le processus de conception sans inconvénient majeur, en disposant à la fin de ce processus, d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire.

Il convient de noter que, compte tenu du fait que la définition des groupes expérimentaux et de contrôle a été effectuée au hasard, parmi les 6 groupes, les groupes suivants ont été définis comme expérimentaux et de contrôle :

- Groupes expérimentaux : 1, 3 et 4.
- Groupes de contrôle : 2, 5 et 6.

1.4.1 Calcul de l'élément « engagement » pour chaque groupe de conception

Comme nous l'avons vu précédemment, l'élément « *engagement* » de la « *théorie de la physique sociale* » fait référence à la façon dont l'information est distribuée au sein d'un groupe d'individus. Dans ce contexte, dans chaque groupe de conception, nous avons enregistré « *qui* » communique avec « *qui* » pendant les trois mois du processus de conception, sans tenir compte du « *comment* », ni du « *quoi* » de la communication. En ce qui se réfère au « *comment* » de la communication pendant le processus d'interaction et compte tenu du fait que nous avons utilisé un cadre très spécifique pour encourager la circulation des idées pendant le processus de conception et que l'ensemble des communications ont été effectuées en ligne à l'aide de notre logiciel facilitant les interactions des individus de chaque groupe, nous n'avons pas besoin de mesurer ce facteur.

En ce qui concerne la « *direction* » des interactions entre les individus de chaque groupe, afin de calculer l'élément « *engagement* » de notre cadre théorique, nous n'avons pas besoin d'observer la direction des interactions, et donc toutes les interactions étaient unidirectionnelles. Comme nous allons le voir dans le chapitre 3, nous avons uniquement besoin d'observer la direction des interactions pour analyser l'influence individuelle et collective au sein de chaque groupe pendant le processus de conception.

Objectif 1. Mesurer le niveau de l'élément « *engagement* » décrit dans le cadre théorique pendant le processus de circulation des idées de chaque groupe au sein du processus de conception, afin de nous permettre de faire une comparaison entre les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs).

Afin de calculer l'élément « *engagement* », comme nous l'avons déjà vu, nous avons utilisé le logiciel « *Gephi* » pour le traitement et l'analyse des réseaux, lequel calculait automatiquement le niveau de distribution de l'information à partir des fichiers générés par les interactions des individus de chaque groupe.

Le logiciel « *Gephi* » calcule la distribution de l'information à partir d'un élément appelé « *modularité* », qui est une mesure de la structure d'un réseau (un groupe d'individus dans le cas de cette recherche). Cet élément a été conçu pour mesurer la force de la division d'un groupe d'individus (le réseau) en sous-groupes (ce qui caractérise la coopération entre les individus

d'un groupe). Les groupes à « forte modularité » sont constitués d'un ensemble d'individus entretenant des liens solides, leur permettant, de cette façon, d'identifier les sous-groupes qui se forment à travers ces liens ou les interactions entre les individus au sein du groupe (Newman, 2006).

Une valeur de « modularité » proche de 1 montre une distribution plus homogène de l'information dans le groupe et une valeur de modularité proche de 0 montre une distribution de l'information plus fragmentée.

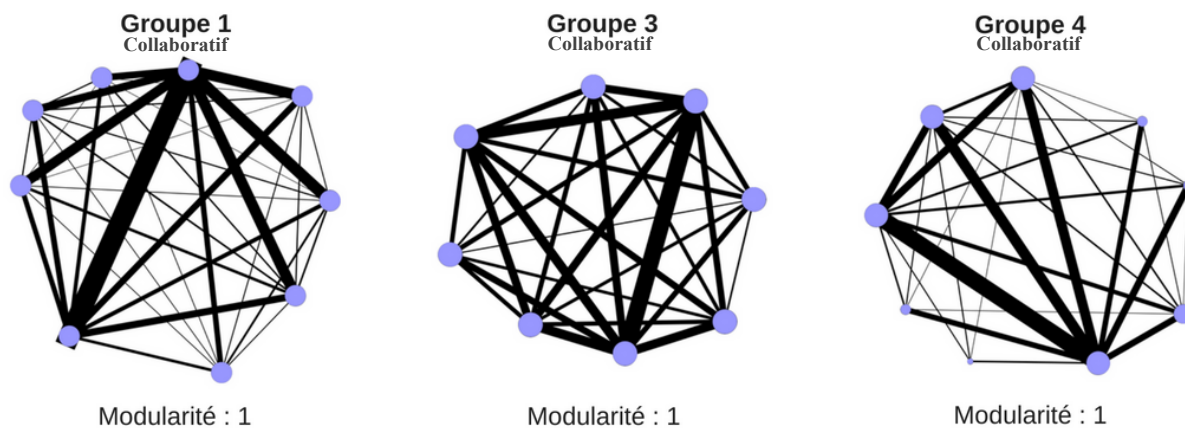


Figure 14. Résultats du niveau de « modularité » des trois groupes expérimentaux (collaboratifs) concernant l'ensemble des interactions.

La *figure 14* illustre le niveau de « modularité » des trois groupes expérimentaux (collaboratifs). Nous observons un phénomène commun à l'ensemble des groupes : certaines personnes, du fait de leur personnalité, concentrent davantage que d'autres l'information qui circule dans le groupe. Ainsi, la « modularité » de chaque groupe, déterminée à partir des calculs décrits ci-dessus, présente un résultat de 1 pour tous les groupes expérimentaux. Chaque point de la *figure 14* représente un individu au sein des groupes, et la circulation des idées à l'intérieur de ces groupes est représentée par les liens entre les points (les individus). C'est justement la taille du point (l'individu) qui représente la concentration d'informations. Dans les groupes 1 et 3, la différence de concentration de l'information est imperceptible ; en ce qui concerne le groupe 4, nous pouvons identifier quatre individus qui ont concentré le moins d'informations dans le groupe, mais ces quatre points restent de la même couleur que les autres, montrant que, dans le contexte concernant l'ensemble du processus de circulation des idées du groupe, cette

différence n'a pas eu d'incidence sur le niveau de « modularité » du groupe ; c'est pour cette raison que le résultat de la « modularité » pour le groupe 4 est également 1.

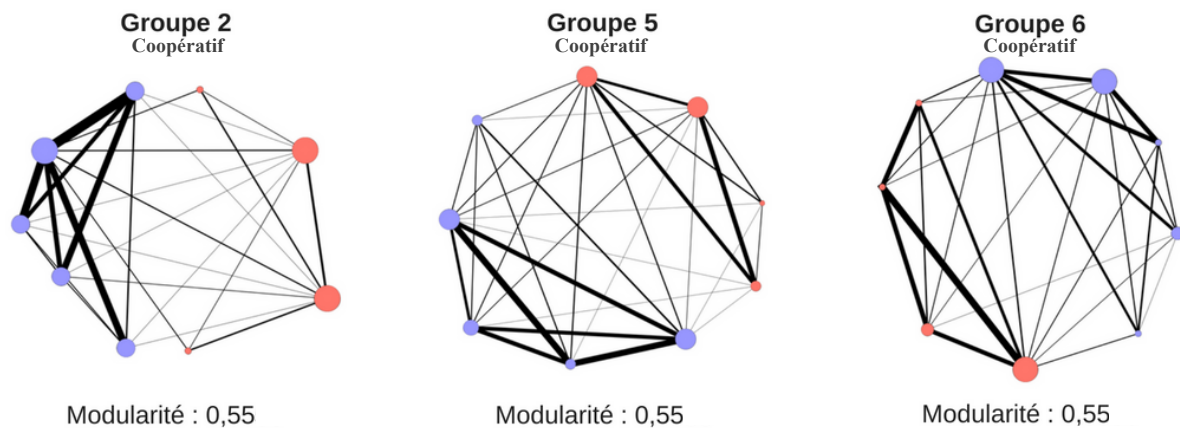


Figure 15. Résultats du niveau de « modularité » des trois groupes de contrôle (coopératifs) concernant l'ensemble des interactions.

La *figure 15* illustre le niveau de « modularité » des trois groupes de contrôle (coopératifs). Nous pouvons observer la différence entre les trois groupes expérimentaux (*figure 14*) et les trois groupes de contrôle (*figure 15*) en ce qui concerne le niveau de « modularité » ou, dans le cas du cadre théorique de cette recherche, de l'élément « engagement » (comment l'information est distribuée dans le groupe) des groupes de conception. Le niveau de « modularité » de chaque groupe de contrôle est le même (0,55), puisque l'algorithme de calcul arrive à identifier deux sous-groupes dans le groupe, avec une concentration de l'information au sein de chaque sous-groupe. Nous pouvons voir cette représentation grâce aux couleurs des points (une couleur différente pour chaque sous-groupe). Dans le cas des groupes de contrôle, la taille des points est également très variable, donnant également à voir un déséquilibre plus important quant à la concentration de l'information entre chaque individu du groupe.

Il faut remarquer que nous n'avons pas ajouté les caractéristiques individuelles de chaque groupe dans les deux figures précédentes, parce que cette thèse se concentre sur l'impact de la structure des interactions pendant le processus de conception et non sur les caractéristiques individuelles de chaque individu. Dans ce contexte, le comportement de chaque profil, dans les différents groupes expérimentaux et de contrôle, est très variable : par exemple, l'élève du

groupe 1 est l'un des individus les plus actifs, mais l'élève du groupe 2 est l'un des individus les moins actifs et ainsi de suite. C'est une des raisons pour lesquelles nous ne nous intéressons pas au comportement individuel des profils des individus de chaque groupe de conception.

L'autre point important à relever à partir des résultats concernant l'élément « *engagement* » du cadre théorique est qu'il y avait une probabilité d'obtenir des résultats similaires à ceux que nous avons obtenus pour l'élément « *engagement* » de chaque groupe, étant donné que les groupes de contrôle (coopératifs) étaient divisés en deux sous-groupes, ce que reflètent les *figures 14 et 15*, ainsi que le niveau de « *modularité* » des groupes expérimentaux et de contrôle. L'aspect le plus intéressant dans les résultats concernant le niveau d'« *engagement* » de chaque groupe est la concentration de l'information à l'échelle individuelle. Nous pouvons observer une homogénéité plus grande dans les groupes expérimentaux (avec une variabilité plus importante dans le groupe 4) que dans les groupes de contrôle, dans lesquels la variabilité de participation individuelle est beaucoup plus grande.

Ces résultats concernent la totalité des interactions, c'est-à-dire l'ensemble des interactions du processus de conception. L'objectif 2 décrit ci-dessous ajoute à cette analyse le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et le processus à élaborer à partir de ces idées.

Objectif 2. Observer la différence dans la valeur de l'élément « *engagement* » concernant la circulation des idées pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

La *figure 16* illustre la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle par rapport au niveau de l'élément « *engagement* » en ce qui concerne l'ensemble des interactions.

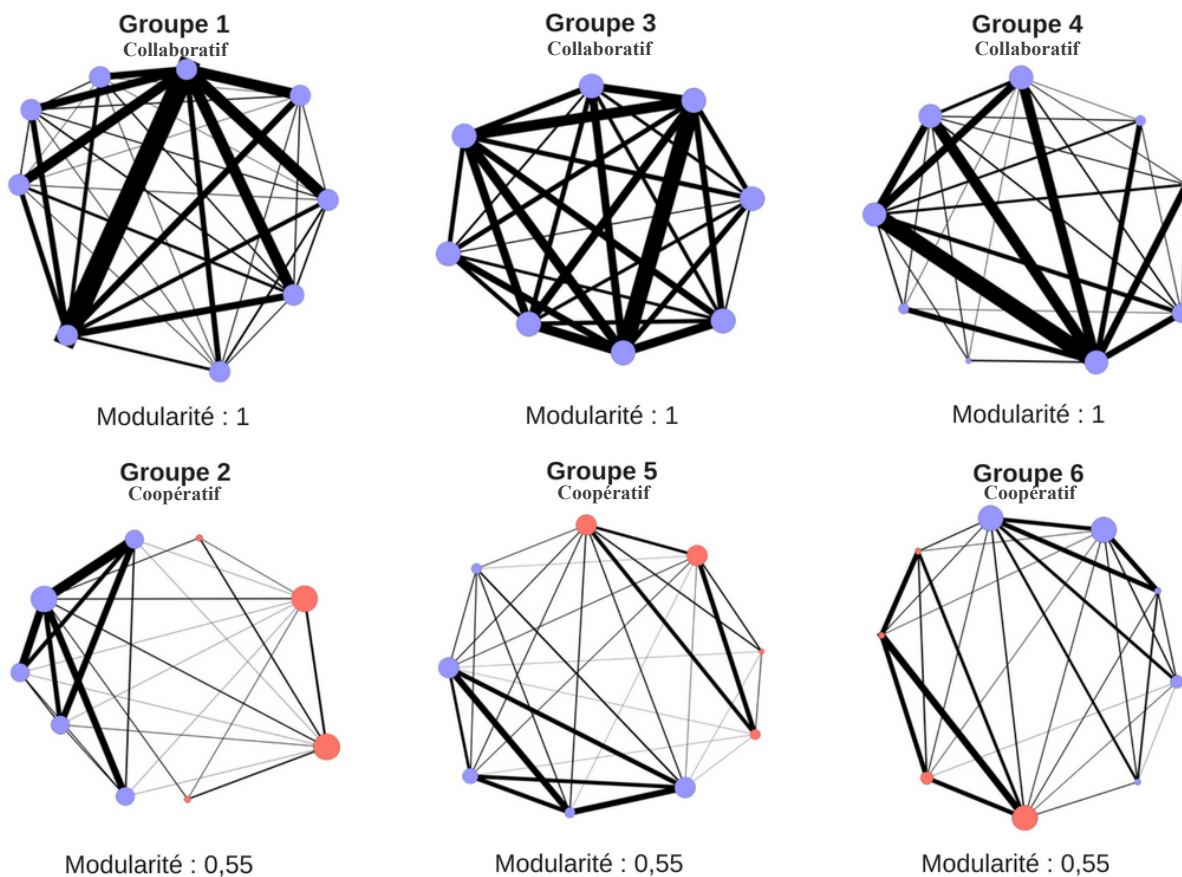


Figure 16. Résultats du niveau de « modularité » des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et dans la partie inférieure les groupes de contrôle (coopératifs).

Dans chaque phase de la méthodologie de conception, l'élaboration de nouvelles idées à partir d'idées générées par d'autres individus n'était pas une tâche aisée. Rappelons que pour ce faire, lorsque les participants trouvaient une idée intéressante, ils pouvaient élaborer une nouvelle « idée », « action » ou « question » à partir de cette idée, en créant une chaîne d'idées. Ce modèle encourageait les individus à créer à partir des idées des autres individus de leur groupe.

La figure 17 illustre la circulation des idées au sein de chaque groupe expérimental (partie supérieure du graphique) et de contrôle (partie inférieure du graphique) concernant uniquement ce processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Comme

nous pouvons l'observer, pour les individus de l'ensemble des groupes, il s'agissait d'une tâche beaucoup plus compliquée que de générer uniquement de nouvelles idées.

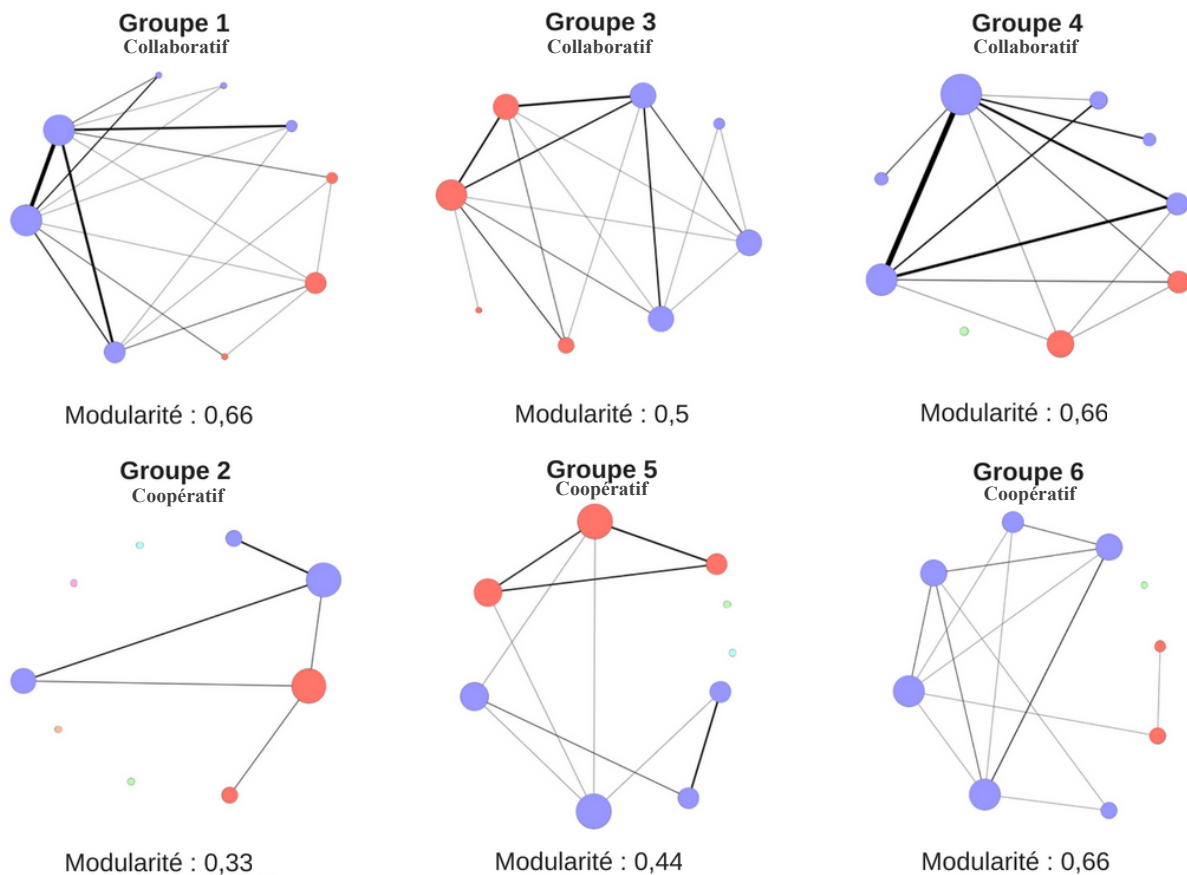


Figure 17. Résultats montrant le niveau de « modularité » des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et dans la partie inférieure les groupes de contrôle (coopératifs).

Dans ce contexte, nous pouvons remarquer dans les six groupes de conception une distribution moins homogène de l'information (l'élément « engagement »). En ce qui concerne la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle, hormis le groupe 2 qui a un niveau d'« engagement » plus bas (la distribution de l'information était très fragmentée dans ce groupe, car la participation au processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus était très faible), nous pouvons remarquer qu'il n'y a pas de grande différence concernant l'élément « engagement » avec le reste des groupes (expérimentaux et de contrôle).

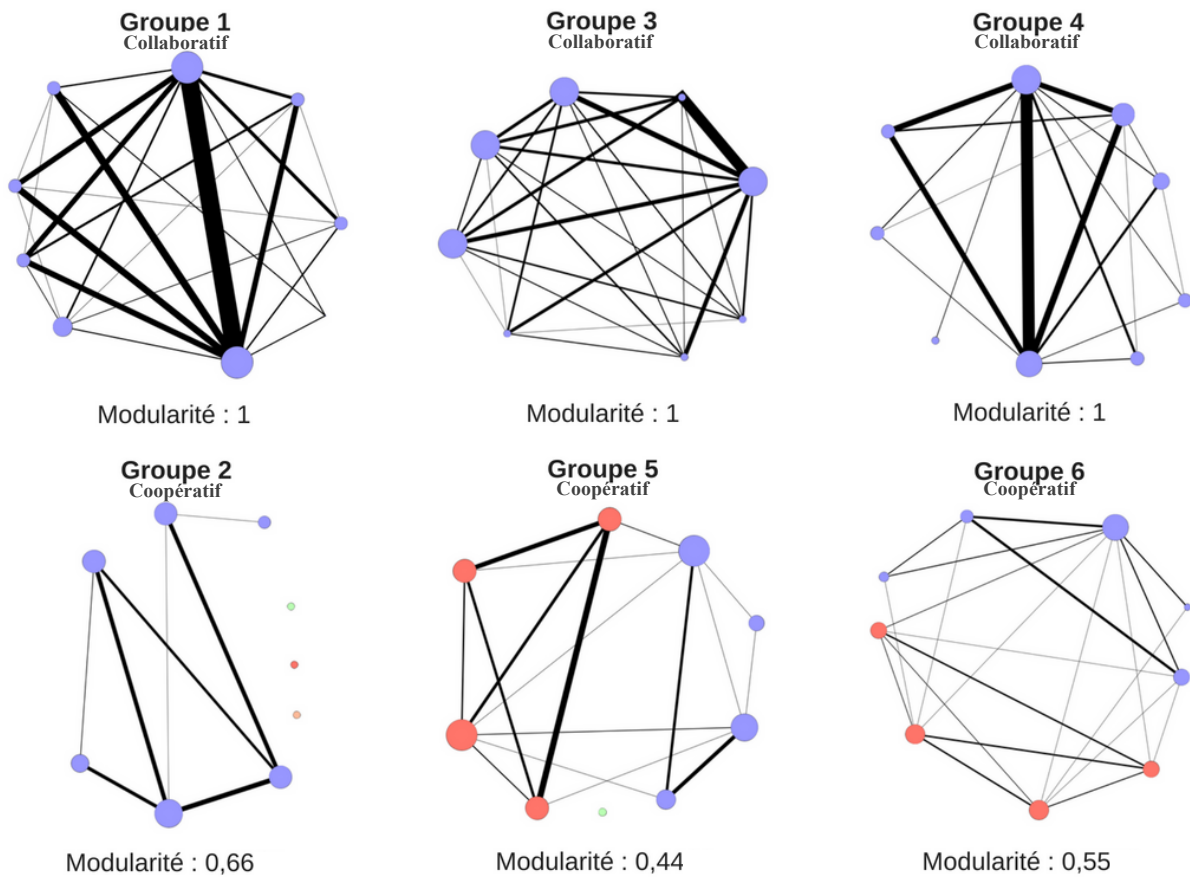


Figure 18. Résultats montrant le niveau de « modularité » des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, ainsi que le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« inspiration » (sur la base de l'option « idées favorites » et du système de vote décrit dans la partie précédente). Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et, dans la partie inférieure, les groupes de contrôle (coopératifs).

Enfin, la *figure 18* ajoute au processus d'élaboration d'idées à partir des idées d'autres individus (*figure 17*) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« inspiration ». Afin de déterminer ce processus d'« inspiration », nous avons pris en considération le fait d'avoir « marqué » une idée comme « favorite », soit pour la garder en tête, soit pour la sélectionner parmi les idées les plus intéressantes. À ce processus, nous avons ajouté celui de l'élaboration de nouvelles idées à partir de celles d'autres individus, illustré dans la *figure 17*.

Ce que nous pouvons observer est une homogénéisation des groupes expérimentaux, phénomène normal, compte tenu de la division en sous-groupes afin de coopérer en ce qui concerne les groupes de contrôle. En résumé, nous ne sommes pas surpris en ce qui concerne l'élément « *engagement* », puisque nous avons obtenu plus de l'élément « *engagement* » dans les groupes expérimentaux par rapport aux groupes de contrôle, sachant qu'il s'agit d'un phénomène lié au travail coopératif. Il est intéressant de constater que pendant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, il n'y a pas de grande différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle, ce qui peut être expliqué par la difficulté qu'ont les individus à élaborer des idées à partir des idées d'autres individus, surtout au sein d'un groupe caractérisé par une grande hétérogénéité des individus qui le composent (McDermott et O'Dell, 2001), comme dans le cas de la présente thèse.

Ces résultats concernent exclusivement l'élément « *engagement* » de notre cadre théorique. La section suivante se concentre sur l'autre élément du cadre théorique (l'élément « *énergie* ») afin de nous permettre de calculer le « *coefficient de collaboration* » de chaque groupe et de compléter l'analyse concernant la circulation des idées dans un groupe collaboratif, ainsi que dans un groupe coopératif pendant un processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage.

1.4.2 Calcul de l'élément « énergie » pour chaque groupe de conception

Le deuxième élément de la « *théorie de la physique sociale* » est l'élément « *énergie* ». Cet élément fait référence à la quantité d'interactions entre deux individus au sein d'un groupe. Il faut rappeler encore une fois que cet élément renvoie à la quantité d'interactions et pas au contenu de ces interactions (Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland et Heibeck, 2010), comme nous l'avons déjà observé et justifié dans le cadre théorique. Dans ce contexte, grâce à la méthode de conception et au logiciel facilitant les interactions, l'ensemble des interactions a été pris en considération puisque 100 % de ces interactions portaient sur des idées (« *découvertes* », « *solutions* » et « *prototypes* ») dans le processus de conception. Ainsi, les interactions suivantes ont été prises en compte : 1) la génération d'idées, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus sous la forme d'une « *idée* », d'une « *action* » ou d'une « *question* » et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par

d'autres par un processus d'« inspiration » (sur la base de l'option « idées favorites » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

Objectif 1. Mesurer le niveau de l'élément « énergie » décrit dans le cadre théorique pendant le processus de circulation des idées de chaque groupe au sein du processus de conception, afin de nous permettre d'établir une comparaison entre les groupes expérimentaux (collaboratifs) et de contrôle (coopératifs).

Encore une fois, le logiciel d'analyse de réseau « Gephi » nous a facilité la tâche qui consistait à mesurer la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception, en normalisant le résultat du niveau de l'élément « énergie » pour chaque groupe de conception.

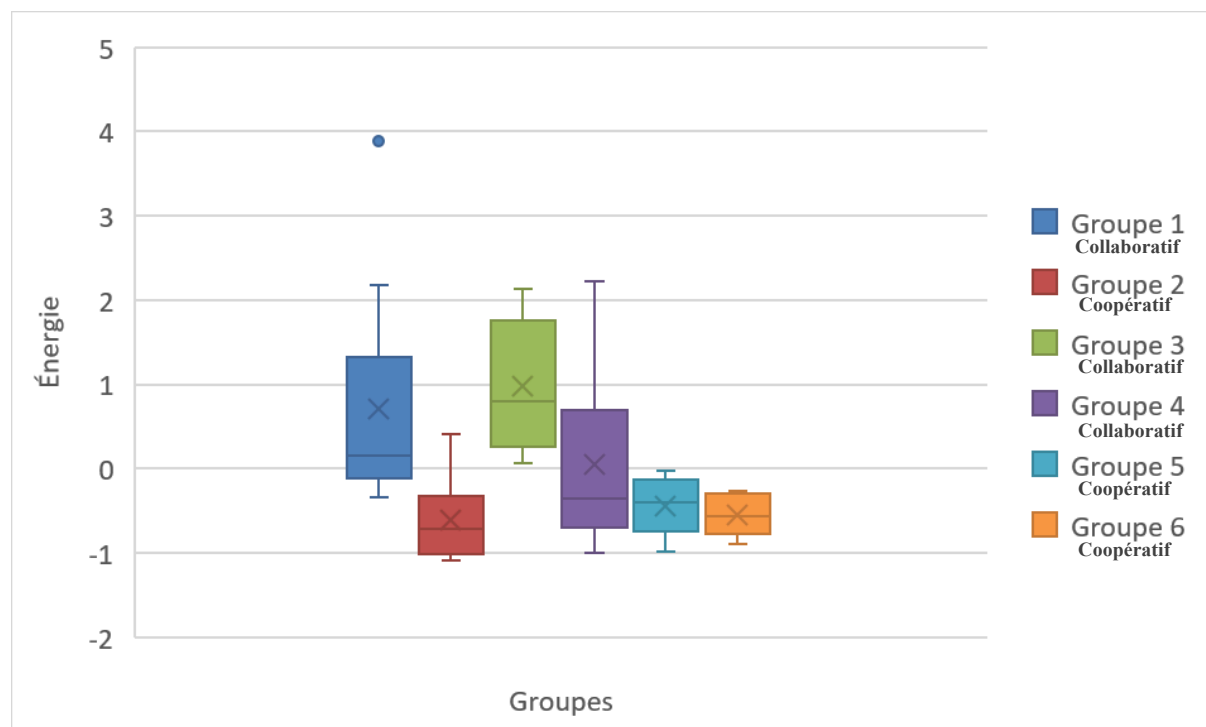


Figure 19. Résultats par rapport au niveau de l'élément « énergie » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

La figure 19 illustre le niveau d'« énergie » (quantité d'interactions) de chaque groupe de conception, en ce qui concerne l'ensemble des interactions. Il faut rappeler que les groupes expérimentaux sont représentés par les groupes 1, 3 et 4 et que les groupes de contrôle sont représentés par les groupes 2, 5 et 6. Comme nous l'avons remarqué précédemment, nous avons

décidé de maintenir l'ordre des groupes expérimentaux et de contrôle obtenu de façon aléatoire pendant la préparation de l'expérimentation.

Si la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle concernant l'élément « *engagement* » n'était pas surprenante puisqu'un processus coopératif de travail a une incidence sur l'élément « *engagement* », la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle quant à l'élément « *énergie* » est relativement surprenante, dans la mesure où la différence entre les trois groupes expérimentaux et les trois groupes de contrôle est rapidement observable. La valeur aberrante du groupe 1 représente un individu avec un niveau d'« *énergie* » qui dépasse les interactions de ce groupe. Le plus intéressant est que la médiane des groupes 1 et 3 (expérimentaux) est située au-dessus du troisième quartile des groupes de contrôle. Nous pouvons noter également que la médiane du groupe 4 (expérimental) n'est pas située au-dessus du troisième quartile des groupes de contrôle, mais le niveau de l'élément « *énergie* » de ce groupe est considérablement plus élevé que celui des groupes de contrôle.

La *figure 19* nous montre que moins nous divisons un groupe d'individus (plus nous collaborons), plus nous encourageons un processus de circulation des idées dans le groupe, surtout si nous observons la *figure 16* concernant l'élément « *engagement* » des groupes 1 et 3, qui ont également un remarquable niveau d'« *énergie* ». De la même manière, si nous observons chacun des groupes, nous pouvons observer une équivalence entre leur niveau d'« *engagement* » et leur niveau d'« *énergie* » (plus d'« *engagement* » dans le groupe, plus d'« *énergie* »), surtout si nous tenons compte de la moyenne sur la quantité d'interactions (« *énergie* ») à l'intérieur de chaque groupe, comme nous pouvons le remarquer dans la *figure 20*.

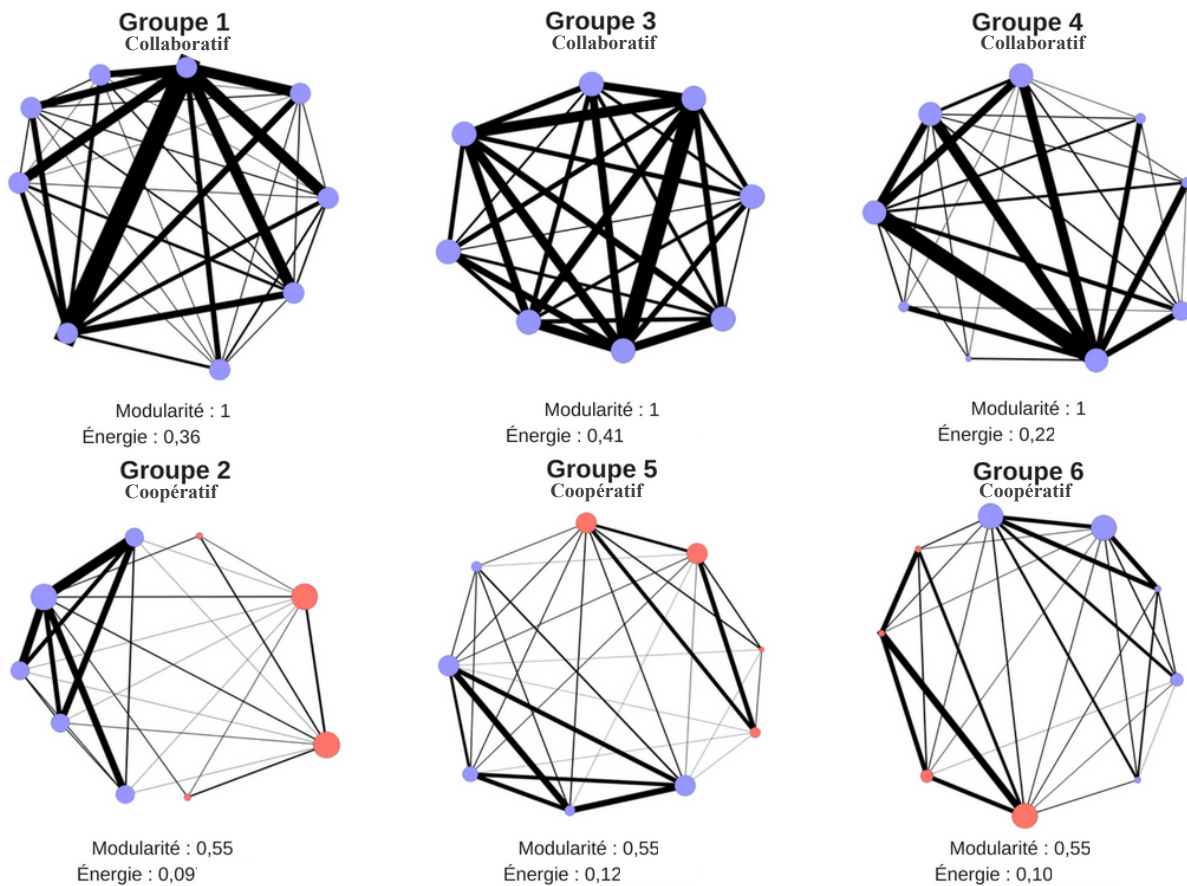


Figure 20. Résultats par rapport au niveau de l'élément « énergie » (quantité d'interactions), ainsi que de la « modularité » ou par rapport au niveau d'« engagement » (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs).

Objectif 2. Observer la différence dans la valeur de l'élément « énergie » concernant la circulation des idées pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« inspiration » (sur la base de l'option « idées favorites » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

La figure 21 montre l'élément « énergie » pour chaque groupe en ce qui concerne le processus d'élaboration d'idées à partir des idées d'autres individus.

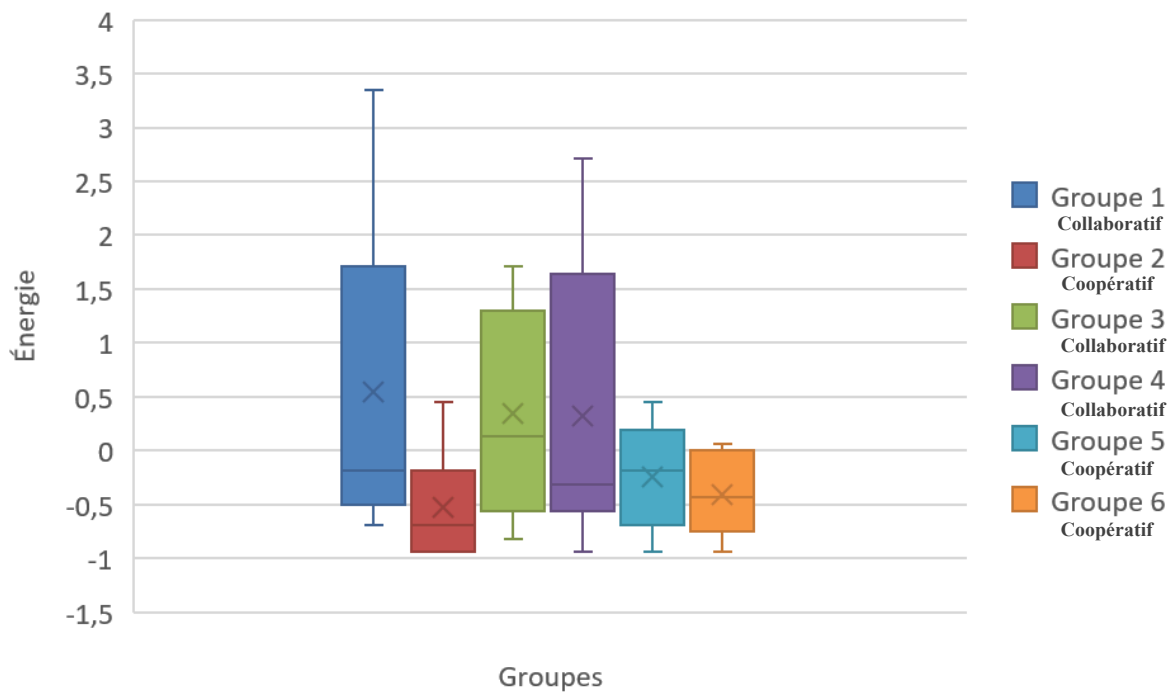


Figure 21. Résultats par rapport au niveau de l'élément « énergie » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Nous pouvons observer une différence similaire à celle illustrée dans la *figure 19* (qui concerne l'ensemble des interactions), sauf pour les groupes (expérimentaux) 3 et 4, le groupe 4 ayant généré plus d'idées dans ce processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. En ce qui concerne la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle, la différence en termes de quantité d'interactions (le niveau d'« énergie ») reste considérable. Un autre aspect important à relever concerne la variabilité dans les six groupes de conception proportionnellement à l'ensemble des interactions, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'en ce qui concerne l'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, le niveau d'« engagement » des six groupes de conception était plus bas et les groupes étaient donc beaucoup plus fragmentés.

En ce qui concerne le processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus et l'élément « engagement », la *figure 17* ne montre pas une différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle quant au niveau de l'élément « engagement ». Dans ce

contexte, la *figure 22* indique que les groupes expérimentaux maintiennent un niveau d'«*énergie*» plus élevé. Ce que nous pouvons remarquer, c'est que la différence entre les groupes 3 et 4 n'existe plus, ce phénomène pouvant être dû à la grande variabilité que nous avons observée dans les six groupes pour l'élément «*énergie*» par rapport au processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus.

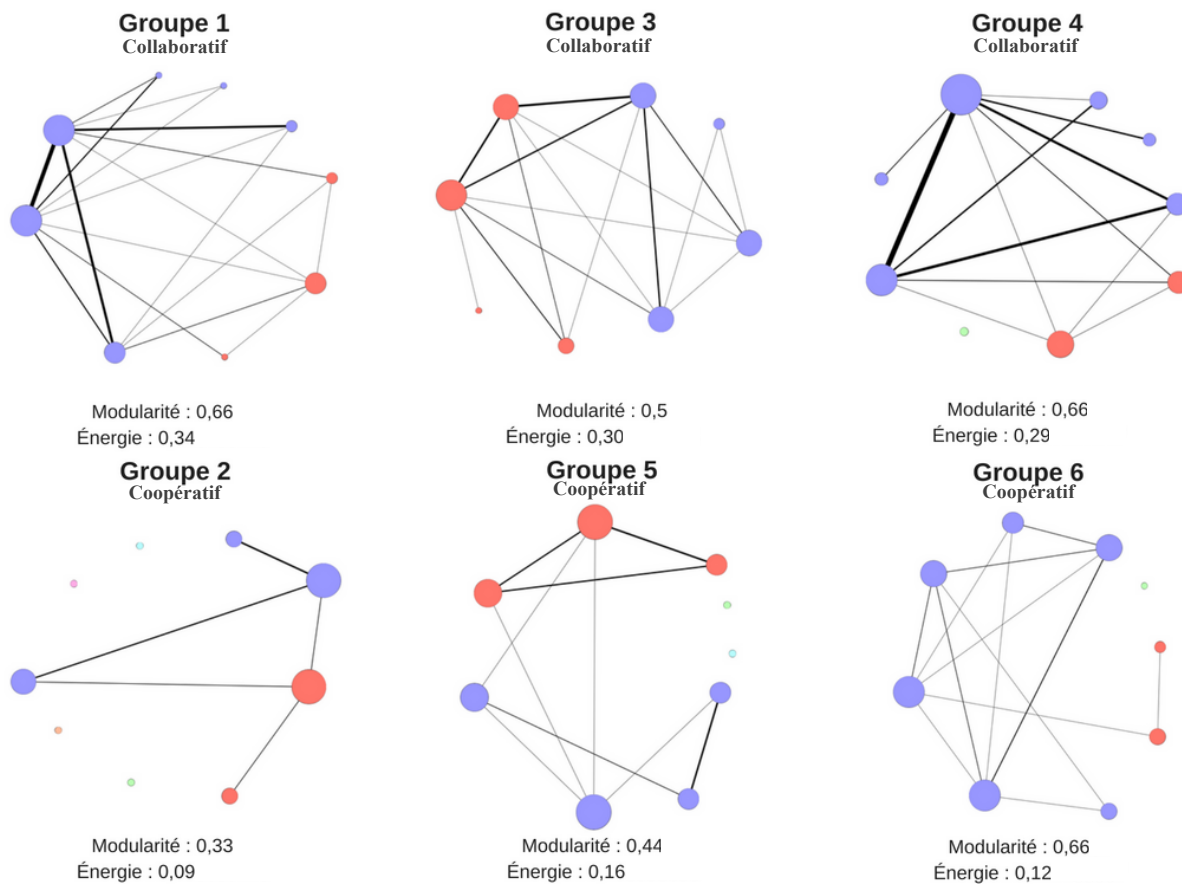


Figure 22. Résultats par rapport au niveau de l'élément «*énergie*» (quantité d'interactions), ainsi que de la «*modularité*» ou par rapport au niveau d'«*engagement*» (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus. Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs).

Dans la *figure 23*, au processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus décrit ci-dessus, nous avons ajouté le processus d'«*inspiration*» dans

l'élaboration à partir de ces idées. Comme nous pouvons l'observer, il n'existe presque pas de différence par rapport à l'élément « *énergie* » entre la *figure 21* et la *figure 23*.

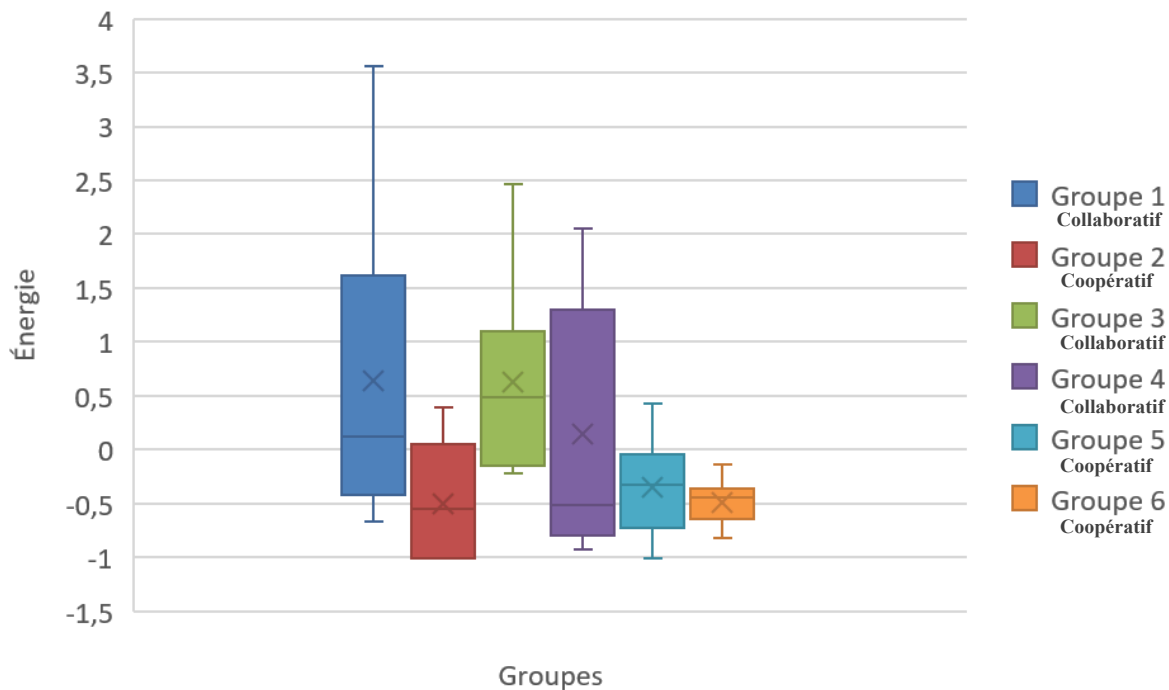


Figure 23. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« *inspiration* » dans l'élaboration d'idées à partir de ces idées. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Dans ce contexte, en ajoutant le processus d'« *inspiration* » dans l'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, comme nous pouvons l'observer dans la *figure 24*, nous retrouvons le même phénomène décrit ci-dessus : plus l'élément « *engagement* » augmente, plus l'élément « *énergie* » augmentera, générant une circulation d'idées plus grande au sein du groupe. Ainsi, la difficulté à élaborer de nouvelles idées à partir des idées des autres individus du groupe, provoquant une grande variabilité de l'élément « *énergie* » dans les six groupes de conception, peut expliquer l'absence de ce phénomène dans la *figure 22*.

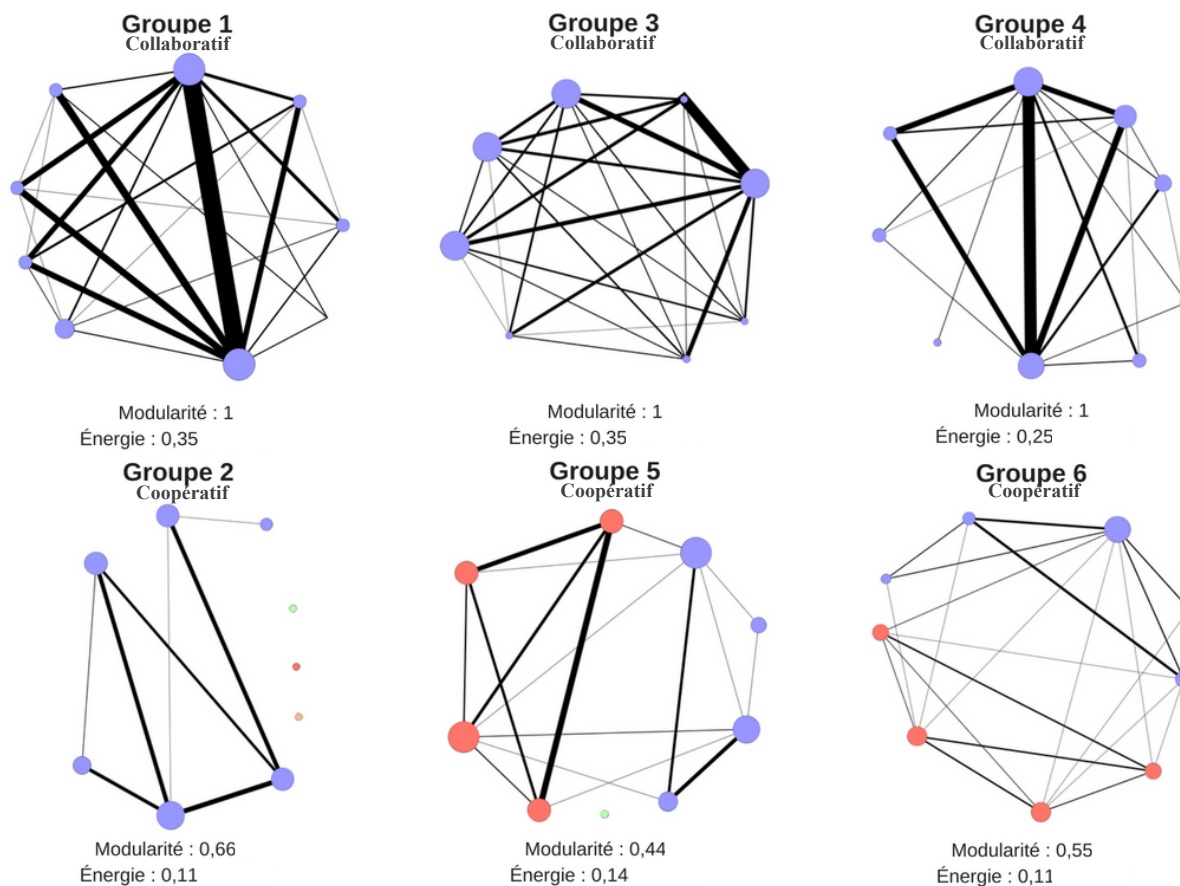


Figure 24. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions), ainsi que de la « *modularité* » ou par rapport au niveau d'« *engagement* » (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« *inspiration* » dans l'élaboration de nouvelles idées à partir de ces idées.

Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs).

1.4.3 Calcul du « coefficient de collaboration » pour chaque groupe de conception

En disposant pour chaque groupe de conception de la valeur des éléments « *engagement* » et « *énergie* » définis dans le cadre théorique de cette recherche, nous sommes dans la mesure de calculer le « *coefficient de collaboration* » pour chaque groupe de conception. Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre 2 de la partie IV, le « *coefficient de*

collaboration » est le produit des valeurs normalisées des éléments « engagement » et « énergie » à partir de la formule suivante :

$$\text{Coefficient de Collaboration (CC)} = \text{Énergie (E)} \times \text{Engagement (EN)}$$

À travers cette formule, nous allons obtenir une valeur de 0 à 1 représentant respectivement la variable indépendante : la coopération (0) et la collaboration (1).

Objectif 1. Obtenir un « coefficient de collaboration » pour chaque groupe à partir du produit des éléments « engagement » et « énergie ».

La figure 25 montre le « coefficient de collaboration » de chaque groupe de conception en ce qui concerne l'ensemble des interactions.

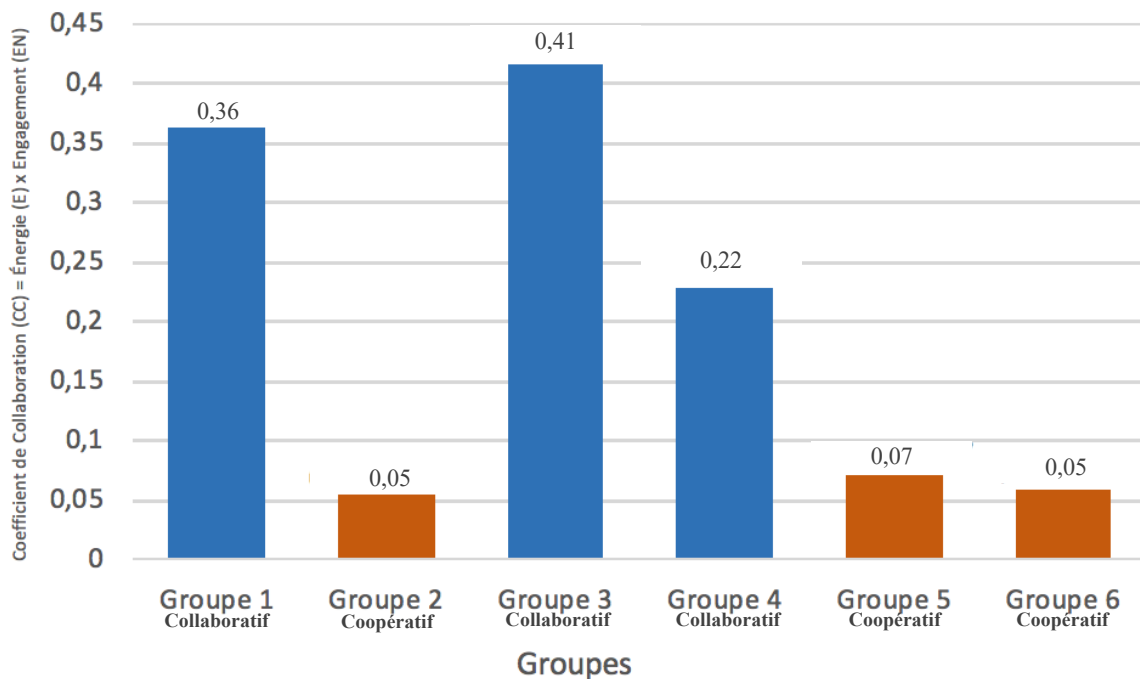


Figure 25. Résultats par rapport au « coefficient de collaboration » des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Comme nous pouvons le remarquer, les trois groupes expérimentaux (groupes 1, 3 et 4) ont un « coefficient de collaboration » plus élevé que les trois groupes de contrôle (groupes 2, 5 et 6). Outre ce que nous avons observé dans les sous-sections précédentes concernant l'impact

de l'élément « *engagement* » sur l'élément « *énergie* », les résultats de la *figure 25* confirment ce que nous avons essayé de faire pendant l'expérimentation : établir des interactions de travail collaboratif dans le processus de conception d'un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire pour les groupes 1, 3 et 4, et des interactions de travail coopératif dans ce même processus de conception pour les groupes coopératifs (groupes 2, 5 et 6).

Objectif 2. Observer la différence dans la valeur du « *coefficient de collaboration* » concernant la circulation des idées pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

La *figure 26* montre les résultats du « *coefficient de collaboration* » concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. Ce que nous pouvons observer, c'est que même si les groupes (de contrôle) 5 et 6 ont augmenté leur « *coefficient de collaboration* », la différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle reste notable. Un autre aspect important à remarquer concerne la différence entre les groupes (expérimentaux) 3 et 4, en ce qui concerne le processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus, le groupe 4 disposant d'un « *coefficient de collaboration* » plus élevé que le groupe 3.

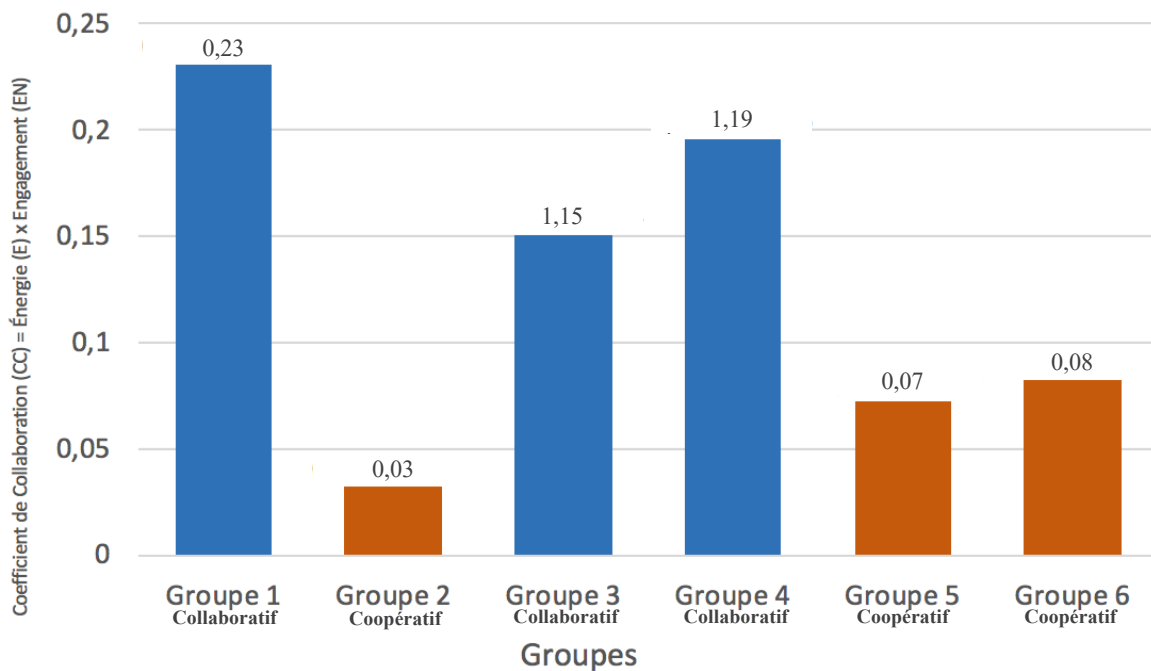


Figure 26. Résultats par rapport au « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Ces différences pourront nous servir dans l'analyse 2 décrite au chapitre suivant, puisque nous allons essayer de comprendre l'impact du « *coefficient de collaboration* » sur l'inventivité collective de chaque groupe.

Si nous ajoutons à ce processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, le processus d'« *inspiration* » lors de l'élaboration de nouvelles idées à partir de ces idées, dans chaque groupe de conception, nous obtenons les résultats illustrés dans la *figure 27*.

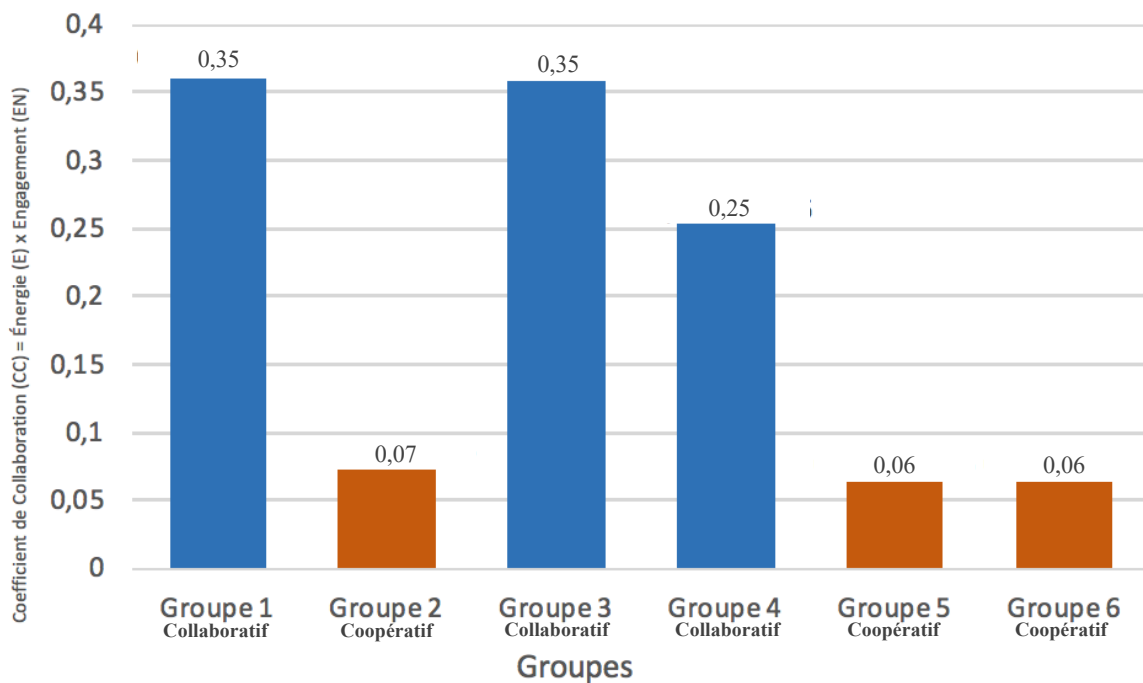


Figure 27. Résultats par rapport au « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception concernant le processus d’élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d’« *inspiration* » dans l’élaboration de nouvelles idées à partir de ces idées. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Les résultats de la figure précédente (qui prend en compte le processus d’« *inspiration* » lors de l’élaboration d’idées à partir des idées des autres individus, en plus du processus d’élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus) sont similaires à ceux de l’ensemble des interactions. Encore une fois, il convient de remarquer que la différence la plus intéressante, en tenant compte de ces trois processus, est celle entre les équipes expérimentales 3 et 4 ; différence qui pourra nous servir pour la deuxième analyse, décrite au chapitre suivant.

Ainsi, la *figure 28*, la *figure 29* et la *figure 30* résument l’analyse 1 de cette recherche. La *figure 28* tient compte de l’ensemble du processus d’interactions, la *figure 29* tient uniquement compte du processus d’élaboration de nouvelles idées à partir des autres individus,

et enfin la *figure 30* ajoute à ce processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, le processus d'« *inspiration* » lors de l'élaboration à partir de ces idées.

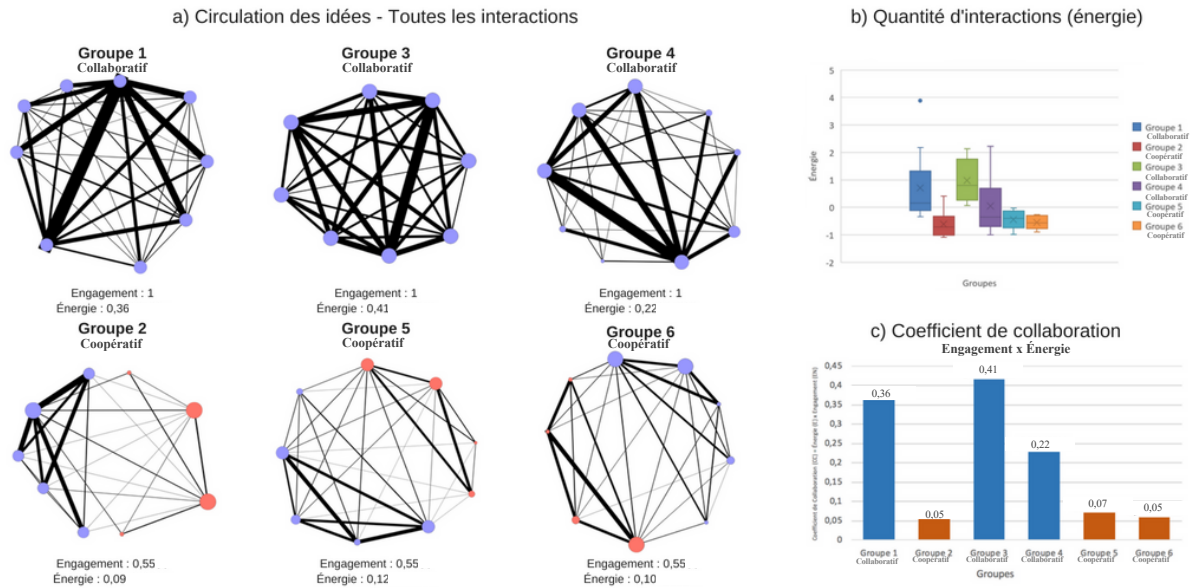


Figure 28. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant l'ensemble des interactions. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « *engagement* » et « *énergie* ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception.

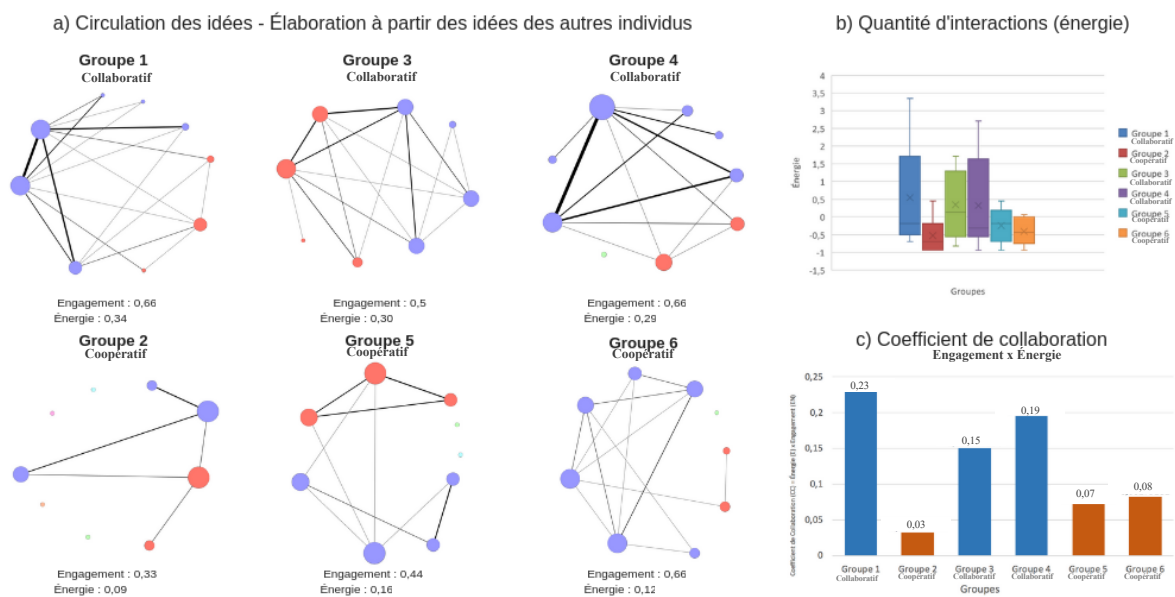


Figure 29. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « *engagement* » et « *énergie* ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception.

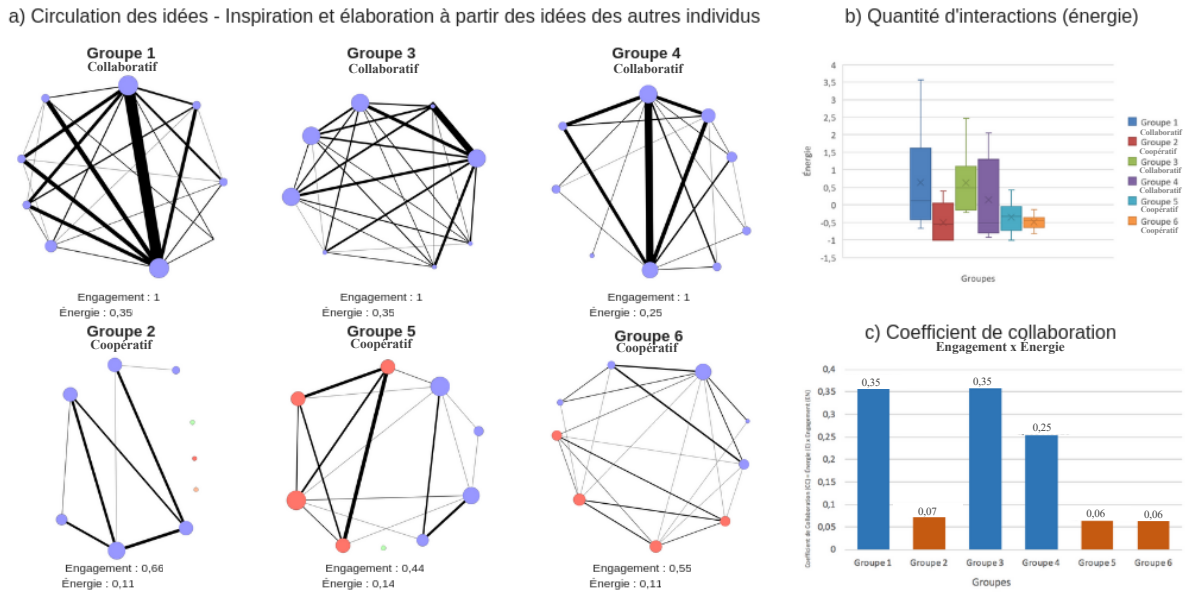


Figure 30. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« inspiration » dans l'élaboration à partir de ces idées. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « engagement » et « énergie ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « coefficient de collaboration » des six groupes de conception.

1.5 Conclusion

L'élément le plus important lors de l'interaction et de la communication est déterminé par les schémas d'interaction et de communication (Pentland et Heibeck, 2010), c'est à dire par la manière dont les individus communiquent et avec qui ils le font, sans prendre en considération ce qu'ils communiquent. Ainsi, afin de mesurer ces schémas d'interaction et de communication lors des interactions en face à face, certaines études scientifiques ont utilisé des « badges » pour mesurer le « comment » et le « qui » dans les processus d'interaction entre individus (Pentland, 2015), montrant par là l'importance de ce type d'analyse. Dans le cas des études où les interactions se produisent en ligne et à distance, l'utilisation des traces numériques d'interaction a également montré l'importance de ces schémas d'interaction et de communication dans les interactions en ligne et à distance.

C'est pour cette raison (et pour d'autres raisons que nous avons déjà décrites dans le chapitre 3 de la partie V) que cette recherche a utilisé ces traces numériques d'interactions, afin d'enregistrer l'ensemble des interactions pendant le processus de conception des six prototypes des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire (l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir choisie dans le cadre de cette thèse) par les six groupes (trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle) constitués dans le cadre de cette recherche.

Dans ce chapitre, nous avons examiné l'analyse des résultats obtenus de ces traces d'interaction pour les six groupes de conception (trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle) participant à l'expérimentation en séparant le processus d'interaction en trois parties : 1) l'ensemble des interactions pendant le processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

Dans ce contexte, en ce qui concerne les éléments « *engagement* » et « *énergie* » de notre cadre théorique, nous avons fait deux observations : 1) dans l'ensemble des interactions, nous avons observé une différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle en ce qui concerne le niveau de l'élément « *engagement* » ; ainsi les groupes expérimentaux ont un niveau d'« *engagement* » plus élevé, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'information des groupes de contrôle était divisée à travers un processus de travail coopératif. En ce qui concerne le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, nous n'observons presque pas de différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle. Ce phénomène peut être dû au fait qu'en général, les individus ont plus de difficulté à élaborer de nouvelles idées à partir des idées des autres individus qu'à générer de nouvelles idées. Ce qui est intéressant est que cette différence revient quand on ajoute les traces d'interactions concernant le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir des idées des autres individus. 2) Nous avons observé également que plus le niveau de l'élément « *engagement* » augmente, plus le niveau de l'élément « *énergie* » augmentera, incrémentant ainsi la circulation des idées d'un groupe de conception.

En ce qui concerne le processus de circulation des idées, la différence entre un processus d'interactions collaboratives et un processus d'interactions coopératives est élevée (dans nos

résultats, la circulation des idées en collaboration est plus grande qu'en coopération), ce qui ne veut pas dire par conséquent que le niveau d'inventivité collective des groupes expérimentaux (collaboratifs) sera plus grand, comme nous le supposons dans cette thèse à travers la formulation de notre hypothèse. Après la conception des six prototypes des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire, le chapitre suivant analysera les résultats des évaluations faites par les utilisateurs potentiels pour chaque prototype conçu, en utilisant le cadre pour évaluer le niveau d'invention d'un artefact numérique d'apprentissage décrit dans le chapitre 2 de la partie IV.

Chapitre 2 : analyse 2 — la circulation des idées, la collaboration, la coopération et l’inventivité collective

2.1 Introduction

Le chapitre précédent a permis d’examiner la dynamique d’une structure de travail collaboratif (trois groupes expérimentaux) et coopératif (trois groupes de contrôle) dans le processus de circulation des idées pendant la conception d’un prototype des fonctionnalités d’un manuel scolaire numérique d’histoire. Dans ce chapitre portant sur la deuxième analyse de ce travail, nous examinerons les résultats des évaluations par rapport au niveau d’inventivité de chaque prototype élaboré à la fin du processus de conception.

La deuxième partie de l’expérimentation scientifique a consisté à évaluer le niveau d’inventivité de chaque prototype (un prototype par groupe de conception) en utilisant le cadre d’évaluation du niveau d’inventivité décrit au chapitre 2 de la partie IV. Nous avons évalué deux éléments dans chaque prototype : 1) le niveau de « *perception de nouveauté* » et 2) le niveau de « *perception d’utilité* ».

Comme nous le verrons plus tard, grâce à ces éléments, nous avons obtenu un « *coefficient d’invention* » pour chaque évaluation, en nous aidant à établir une corrélation entre le « *coefficient de collaboration* » de chaque groupe et le « *coefficient d’invention* » de chaque évaluation.

2.2 Question de recherche

Ce chapitre aborde la question suivante :

Q3. Est-ce qu’une production issue d’un groupe hétérogène de conception d’artefacts numériques d’apprentissage qui intègre l’ensemble des acteurs du système éducatif et utilise une méthode de conception avec un système favorisant les interactions collaboratives — par opposition aux interactions coopératives — possède des fonctionnalités plus inventives ?

Afin de répondre à cette question, comme nous l’avons déjà fait observer, notre objectif était d’obtenir un « *coefficient d’invention* » pour chaque prototype conçu pendant la phase de

conception de l'expérimentation scientifique. Comme dans le chapitre précédent, nous allons décrire, dans les sections suivantes, l'approche méthodologique adoptée. Après cet aperçu, nous présenterons les principaux résultats, suivis d'une conclusion.

2.3 Méthodologie et objectifs

Cette deuxième analyse considère l'étude des évaluations des prototypes produits pendant le processus de conception en tenant compte de l'évaluation individuelle de chaque prototype par les différents acteurs du système éducatif. Dans ce contexte, 66 acteurs du système éducatif (élèves, enseignants et individus liés au domaine de l'édition et de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage) ont effectué 396 évaluations individuelles ; 50 % des évaluateurs étaient des élèves, 25 % des enseignants et 25 % des individus liés à l'édition et à la conception d'artefacts numériques d'apprentissage. Les détails de ce processus d'évaluation ont été décrits au chapitre 2 et 3 de la partie IV.

Cela impliquait de multiples analyses sur la base des éléments du cadre théorique en rapport avec l'évaluation du niveau d'inventivité d'un artefact numérique d'apprentissage (dans le cas de cette recherche, il s'agissait des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) servant principalement quatre objectifs :

1. Évaluer le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype conçu par les groupes de conception, nous permettant de comparer les prototypes des groupes expérimentaux et de contrôle.
2. Évaluer le niveau de « *perception d'utilité* » de chaque prototype conçu par les groupes de conception, nous permettant de comparer les prototypes des groupes expérimentaux et de contrôle.
3. Obtenir un « *coefficient d'invention* » pour chaque groupe de conception à partir du produit entre les éléments « *perception de nouveauté* » et « *perception d'utilité* » de chaque prototype évalué.
4. Calculer la corrélation entre le « *coefficient de collaboration* » et le « *coefficient d'invention* », ainsi que la formule de régression linéaire relative à chaque groupe de conception pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus

d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

2.3.1 Déroulement du processus d'évaluation de l'inventivité de chaque prototype

Nous avons déjà décrit en détail précédemment (chapitre 2 et 3 de la partie IV) l'ensemble du processus d'évaluation de chaque prototype conçu par les six groupes de conception en prenant en considération d'une part le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype par rapport à ce qui existe actuellement et, d'autre part, le niveau de « *perception d'utilité* ».

Le temps d'évaluation passé avec chaque « *évaluateur* » (chargé d'évaluer les six prototypes) prenait, en moyenne, entre 1 heure 30 minutes et 2 heures. Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons travaillé avec 66 évaluateurs pour un total de 396 évaluations individuelles des prototypes.

2.3.1.1 Les élèves

Nous avons travaillé directement avec les élèves du lycée Victor Hugo à Poitiers. Compte tenu du fait que les évaluations nécessitaient un niveau de personnalisation assez élevé lors de l'accompagnement du chercheur durant le processus de chaque évaluation, le déroulement des évaluations s'est passé normalement, témoignant d'un grand engagement de la part des élèves évaluateurs ; en effet, outre la réalisation des évaluations au profit de l'étude scientifique, ils nous ont fourni des retours en ce qui concerne la partie industrielle du projet REMASCO, consistant à rassembler les meilleures fonctionnalités des six prototypes autour d'un seul prototype de manuel scolaire numérique d'histoire.

2.3.1.2 Les enseignants

Compte tenu de la longueur du processus d'évaluation, une partie des enseignants a été contactée de manière individuelle à travers les partenaires du projet REMASCO. Ces

évaluations ont été faites à distance puisque les enseignants étaient dispersés dans tout le pays. Quant à l'autre partie des enseignants, il s'agissait d'enseignants du même lycée que les élèves, le lycée Victor Hugo de la ville de Poitiers. Comme dans le cas des élèves, tout s'est déroulé normalement, d'autant que ces enseignants étaient volontaires et donc intéressés à effectuer les évaluations et, principalement, à découvrir les fonctionnalités des six prototypes conçus.

2.3.1.3 Individus travaillant autour de l'édition et de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage

Ces personnes ont été contactées par le biais des partenaires du projet REMASCO. Comme dans le cas de certains enseignants, ces évaluations ont été faites à distance puisque ces personnes étaient dispersées dans tout le pays. Comme pour les élèves et les enseignants, toutes les évaluations se sont déroulées normalement, encore une fois si l'on tient compte du fait qu'il s'agissait d'individus motivés pour effectuer les évaluations et, notamment, découvrir les fonctionnalités des six prototypes.

2.4 Résultats

Les sous-sections suivantes rendent compte des résultats, y compris le « *coefficient d'invention* » de chaque prototype conçu et sa corrélation avec le « *coefficient de collaboration* » aux trois niveaux de traces d'interactions concernant le processus de conception de ces prototypes. Ainsi, nous avons évalué : 1) le niveau de « *perception de nouveauté* » par rapport à ce qui existe déjà en comparant les prototypes des six groupes, et 2) le niveau de « *perception d'utilité* » en comparant également les six prototypes conçus en vue de les classer. Les sections suivantes illustrent également la vérification des objectifs.

Il convient de noter encore une fois que, compte tenu du fait que la définition des groupes expérimentaux et de contrôle a été effectuée au hasard, sur les six groupes, les prototypes des groupes suivants ont été définis comme expérimentaux et de contrôle :

- Prototypes de groupes expérimentaux : 1, 3 et 4.
- Prototypes de groupes de contrôle : 2, 5 et 6.

2.4.1 Évaluation de la « perception de nouveauté » et de la « perception d'utilité » de chaque prototype

Les deux sous-sections suivantes explorent les résultats des évaluations concernant le niveau de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* » de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle. Ces évaluations vont nous permettre de calculer, dans la section suivante, un « *coefficient d'invention* » pour chaque groupe expérimental et de contrôle afin de réaliser une corrélation et une régression linéaire avec le « *coefficient de collaboration* » de chaque groupe de conception calculé au chapitre précédent.

2.4.1.1 Évaluation du niveau de « perception de nouveauté » et de « perception d'utilité » des fonctionnalités de chaque prototype

Le cadre d'évaluation utilisé pour mesurer le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype a été expliqué en détail au chapitre 2 et 3 de la section IV, ainsi que dans la partie « *le produit de l'action collective* » de notre cadre théorique. Cette évaluation a été effectuée grâce à la comparaison (en utilisant le cadre mentionné) entre les fonctionnalités du prototype à évaluer et les fonctionnalités existantes actuellement de l'artefact numérique d'apprentissage en question, qui, dans le cas de cette recherche, était un manuel scolaire numérique d'histoire.

Objectif 1. Évaluer le niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype conçu par les groupes de conception, nous permettant de comparer les prototypes des groupes expérimentaux et de contrôle.

Afin d'obtenir le niveau de « *perception de nouveauté* » des fonctionnalités de chaque prototype conçu, les évaluateurs décrits ci-dessus ont utilisé un cadre simplifié dédié au calcul du niveau de « *perception de nouveauté* » de différents artefacts qui a été décrit dans le cadre théorique et détaillé au chapitre 2 et 3 de la partie IV de ce travail. De cette façon, chaque individu a comparé les fonctionnalités des différents prototypes de manuel scolaire numérique d'histoire avec les fonctionnalités des manuels scolaires numériques d'histoire actuels pour réaliser une première évaluation. Ensuite, les évaluateurs ont comparé les fonctionnalités des six prototypes conçus en utilisant le cadre mentionné afin de réaliser une classification des

différents prototypes concernant uniquement le niveau de « *perception de nouveauté* » de ces fonctionnalités.

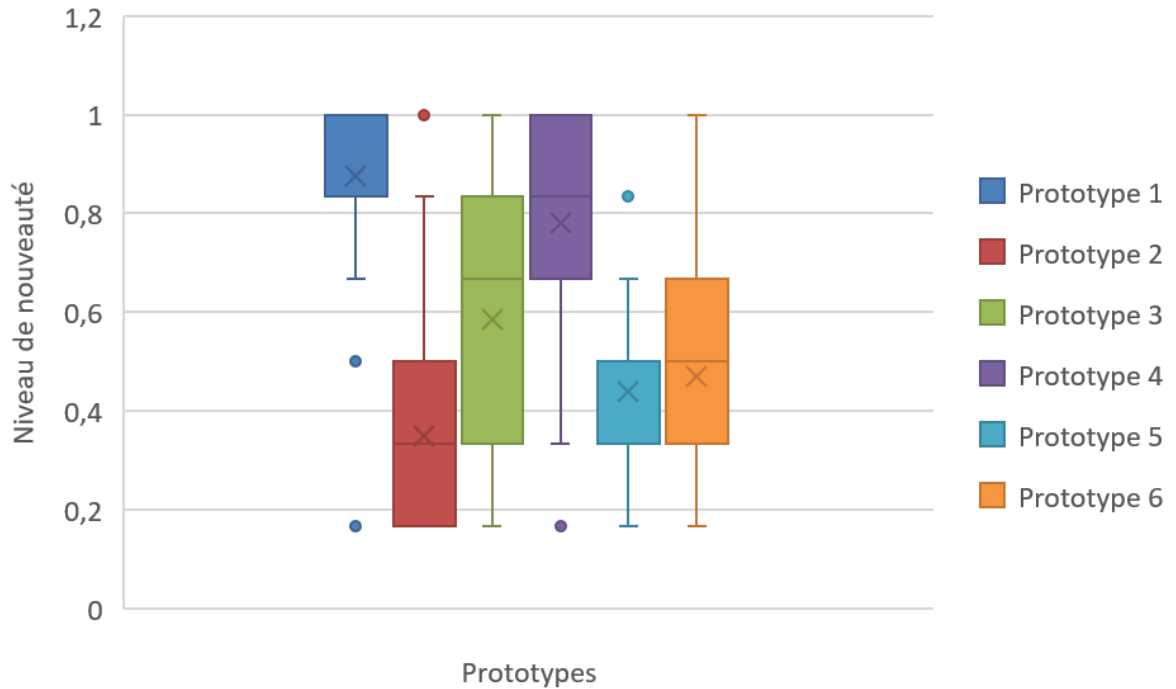


Figure 31. Résultats par rapport aux évaluations du niveau de « *perception de nouveauté* » des fonctionnalités de chaque prototype conçu par les six groupes de conception. Les prototypes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les prototypes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

La *figure 31* montre les résultats concernant les évaluations du niveau de « *perception de nouveauté* » des fonctionnalités de chaque prototype conçu par les groupes de conception.

Avant de continuer, il convient de remarquer que chaque évaluation a été qualitative, et même si nous avons essayé d'encadrer au maximum l'objectivité de chaque évaluation grâce au focus sur l'analyse dédié à l'évaluation de la partie « *invention* », chaque évaluateur a sa perception subjective de chaque prototype. Nous pouvons observer ce phénomène à travers la variabilité des évaluations illustrées par la *figure 31*, ainsi qu'avec la quantité des valeurs aberrantes. Ainsi, avec ces premiers résultats, nous pouvons observer une différence entre les fonctionnalités des prototypes des groupes expérimentaux (groupes 1, 3 et 4) et de contrôle (groupes 2, 5 et 6), la médiane du prototype du groupe 3, groupe expérimental avec le niveau

de « *perception de nouveauté* » le plus bas, étant par exemple au niveau le plus haut de « *perception de nouveauté* » du prototype du groupe 6, groupe de contrôle avec le niveau de « *perception de nouveauté* » le plus haut.

Objectif 2. Évaluer le niveau de « *perception d'utilité* » de chaque prototype conçu par les groupes de conception, nous permettant de comparer les prototypes des groupes expérimentaux et de contrôle.

En ce qui concerne la « *perception d'utilité* » (l'autre élément pour évaluer le niveau d'inventivité d'un artefact) des fonctionnalités de chaque prototype conçu, nous avons utilisé un cadre d'évaluation qualitative décrit plus en détail dans le chapitre 2 et 3 de la partie IV. Comme pour l'évaluation du niveau de « *perception de nouveauté* » de chaque prototype, nous avons quantifié ces évaluations en réalisant une classification entre les six prototypes avec chaque évaluateur afin d'obtenir une valeur normalisée pour mesurer le niveau de « *perception d'utilité* » des fonctionnalités de chaque prototype conçu.

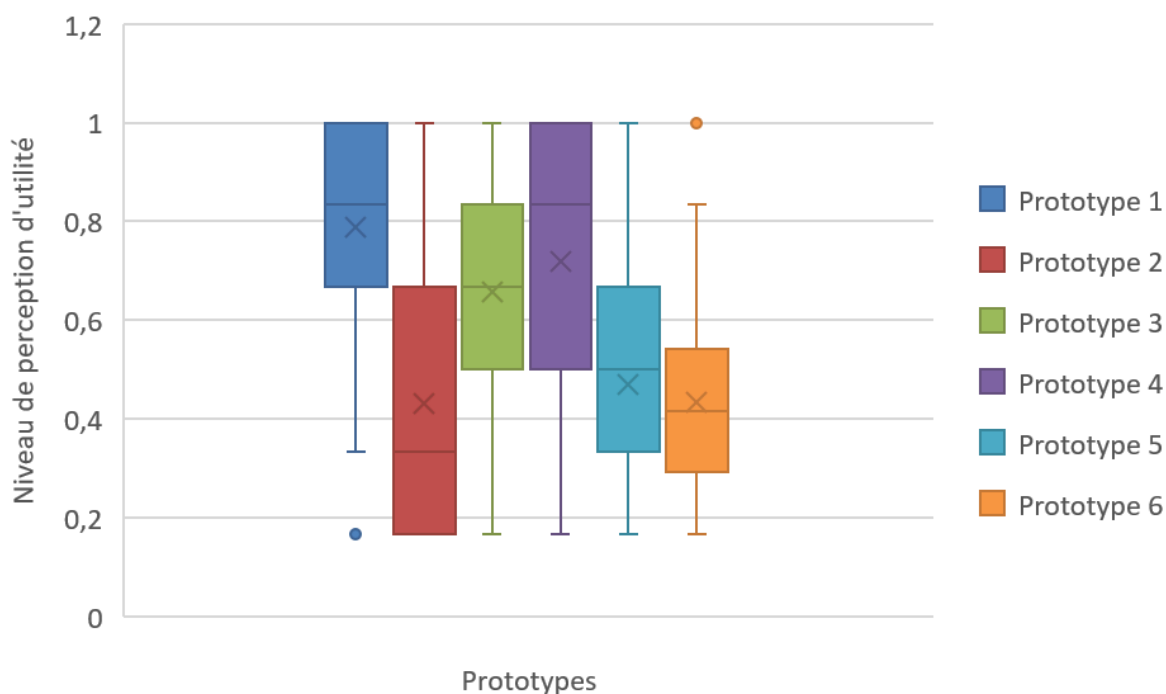


Figure 32. Résultats par rapport aux évaluations du niveau de « *perception d'utilité* » pour les fonctionnalités de chaque prototype conçu par les six groupes de conception.

Les prototypes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les prototypes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

La *figure 32* montre les résultats des évaluations concernant le niveau de « *perception d'utilité* » pour les fonctionnalités de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle. Comme pour le niveau de « *perception de nouveauté* », nous pouvons observer une différence entre les prototypes des groupes expérimentaux (groupes 1, 3 et 4) et les prototypes des groupes de contrôle (groupes, 2, 5 et 6). Nous pouvons observer également comment les groupes 1 et 4 se démarquent des autres groupes (comme pour le niveau de « *perception de nouveauté* ») et comment la médiane du groupe 3, le groupe expérimental avec le niveau de « *perception d'utilité* » le plus bas, est au même niveau que le niveau le plus élevé de « *perception d'utilité* » des groupes de contrôle (les groupes 2 et 5). La seule différence que nous pouvons observer par rapport au niveau de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* » concerne uniquement les groupes de contrôle, le groupe 6 ayant un niveau de « *perception de nouveauté* » plus élevé et les groupes 2 et 5. En dehors de ce changement, les résultats concernant le niveau de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* » sont très similaires, montrant tous deux une différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle.

2.4.2 Calcul du « coefficient d'invention » pour chaque groupe de conception

En ayant obtenu 396 évaluations réalisées par les différents acteurs (élèves, enseignants et individus travaillant autour de l'édition et de la conception d'artefacts numériques d'apprentissage), nous étions en mesure de calculer le « *coefficient d'invention* » de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle.

Objectif 3. Obtenir un « *coefficient d'invention* » pour chaque groupe de conception à partir du produit entre les éléments « *perception de nouveauté* » et « *perception d'utilité* ».

À partir des valeurs normalisées des niveaux de « *perception de nouveauté* » et de « *perception d'utilité* », nous avons calculé un « *coefficient d'invention* » pour chaque groupe expérimental et de contrôle en fonction de la formule suivante (expliquée plus en détail dans le chapitre 2 de la partie IV) :

$$\text{Coefficient d'Invention (IC)} = \text{Perception de Nouveauté (N)} \times \text{Perception d'Utilité (PU)}$$

Ce qui nous a permis d'obtenir les résultats suivants illustrés dans la *figure 33*.

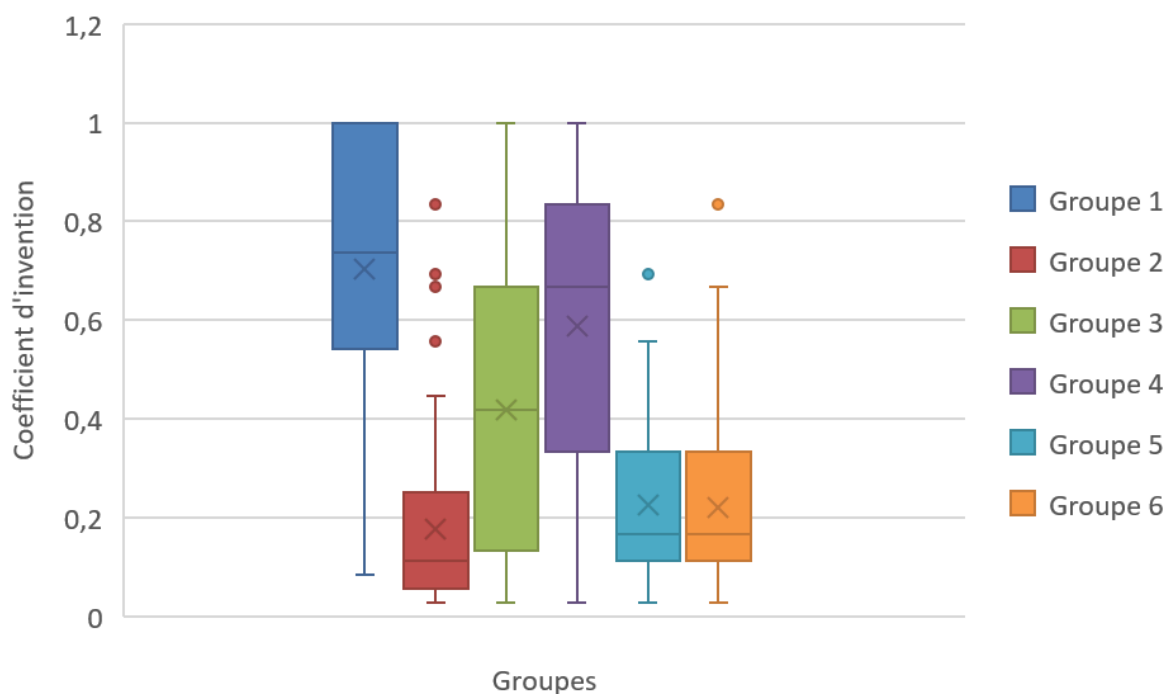


Figure 33. Résultats par rapport au « *coefficient d'invention* » des six groupes de conception. La variable INVENTION va de 0 (moins d'invention) à 1 (plus d'invention). Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Ce que nous pouvons remarquer, c'est que, comme pour le « *coefficient de collaboration* », les trois groupes expérimentaux (groupes 1, 3 et 4) ont un « *coefficient d'invention* » plus élevé que les trois groupes de contrôle (groupes 2, 5 et 6). L'autre aspect intéressant à remarquer concerne la variabilité touchant le « *coefficient d'invention* » des six groupes de conception. Comme nous l'avons déjà indiqué, une possible explication à ce niveau de variabilité dans les résultats concernant les évaluations d'inventivité peut être attribuée aux perceptions subjectives des évaluateurs ; surtout en ce qui concerne l'évaluation de la « *perception d'utilité* », une fonctionnalité peut être perçue comme très utile par un évaluateur et comme tout à fait inutile par un autre évaluateur. C'est pour cette raison que nous avons besoin de réaliser une quantité considérable d'évaluations, afin d'obtenir une tendance concernant le niveau d'inventivité des fonctionnalités de chaque prototype conçu par les groupes expérimentaux et de contrôle.

2.4.2.1 Calcul de la corrélation entre le « coefficient de collaboration » et le « coefficient d'invention »

Rappelons que nous avons calculé les « *coefficients de collaboration* » correspondant aux six groupes de conception pour trois niveaux différents dans le processus de circulation des idées : 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente). Dans cette sous-section, nous allons calculer la corrélation entre ces « *coefficients de collaboration* » et les « *coefficients d'invention* » illustrés dans la *figure 33*.

Objectif 4. Calculer la corrélation entre les « *coefficients de collaboration* » et les « *coefficients d'invention* », ainsi que la formule de régression linéaire relative à chaque groupe de conception pour 1) l'ensemble du processus de conception, 2) le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et 3) le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« *inspiration* » (sur la base de l'option « *idées favorites* » et du système de vote décrit dans la partie précédente).

2.4.2.1.1 Corrélation des coefficients correspondant à l'ensemble du processus de conception

Avant de calculer la corrélation (r) et la formule de régression linéaire pour les six groupes de conception correspondant à l'ensemble du processus de conception, la *figure 34* illustre les résultats de ces deux coefficients pour les six groupes de conception en rappelant que les groupes 1, 3 et 4 sont des groupes expérimentaux (collaboratifs) et que les groupes 2, 5 et 6 sont des groupes de contrôle (coopératifs).

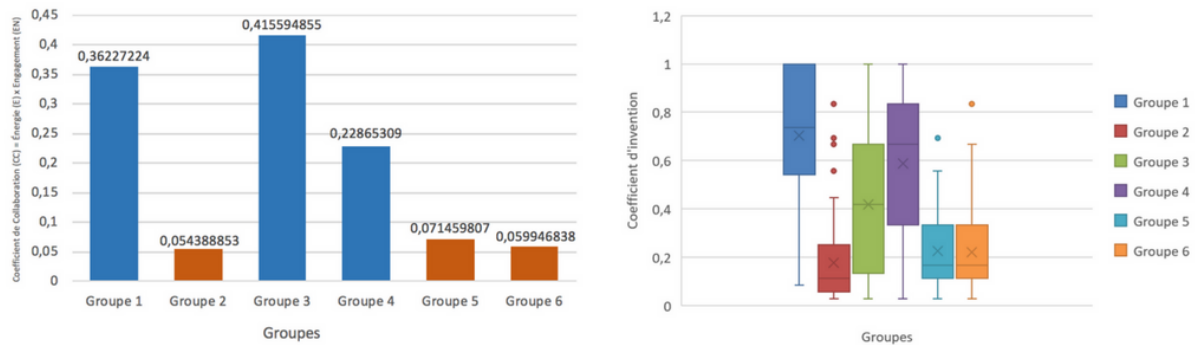


Figure 34. Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant l'ensemble des interactions. La partie gauche de la figure illustre le « coefficient de collaboration » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « coefficient d'invention » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Rien qu'en regardant la *figure 34*, nous pouvons observer une correspondance entre les deux coefficients en ce qui concerne la comparaison entre les groupes expérimentaux et de contrôle. Il est intéressant d'observer les coefficients du groupe expérimental numéro 3, dont le « coefficient de collaboration » (« engagement » x « énergie ») est élevé, mais le « coefficient d'invention » est inférieur à celui du groupe 1 et 4 (également expérimentaux). Nous devons donc garder en tête qu'à première vue, dans ce cas, le groupe le plus collaboratif n'est pas le groupe le plus inventif.

En réalisant les calculs de corrélation (r), on se rend compte qu'il existe une corrélation positive entre le « coefficient de collaboration » (défini par les éléments d'« énergie » et d'« engagement » dans le groupe) et le « coefficient d'invention » (défini par la « perception de nouveauté » et la « perception d'utilité » des fonctionnalités du prototype conçu par chaque groupe de conception), en obtenant $r(396) = .51, p < .000$. Ainsi la *figure 35* illustre cette corrélation linéaire positive (chaque point représentant une évaluation individuelle) ; compte tenu du contexte et n'ayant pas uniquement un groupe expérimental et un groupe de contrôle à comparer, mais trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle, nous pouvons déterminer que cette corrélation offre des pistes intéressantes pour la partie discussion. L'équation de régression linéaire montre également une tendance intéressante en rapport avec

nos questions de recherche et nos hypothèses ; ainsi, plus le « *coefficient de collaboration* » augmente, plus le « *coefficient d'invention* » augmentera.

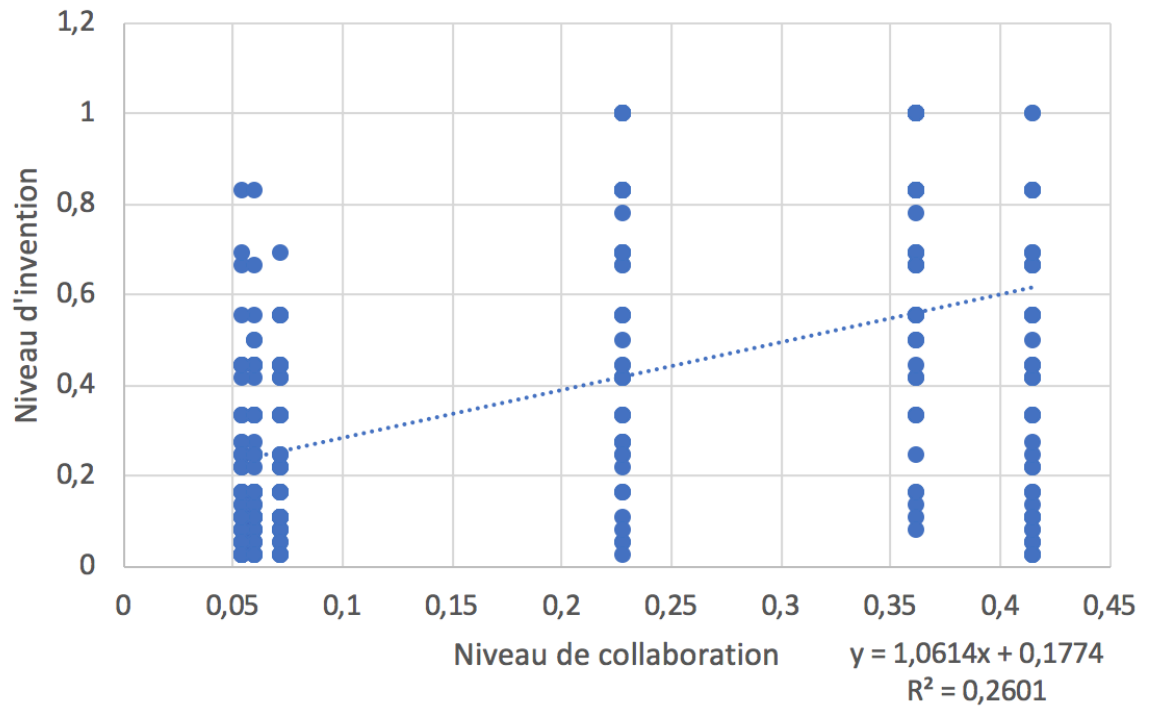


Figure 35. Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant l'ensemble des interactions.

2.4.2.1.2 Corrélation des coefficients correspondant au processus d'élaboration à partir des idées des autres individus

Comme pour la section précédente, avant de calculer la corrélation (r) et la formule de régression linéaire pour les six groupes de conception correspondant au processus d'élaboration à partir des idées des autres individus, la *figure 36* illustre les résultats de ces deux coefficients.

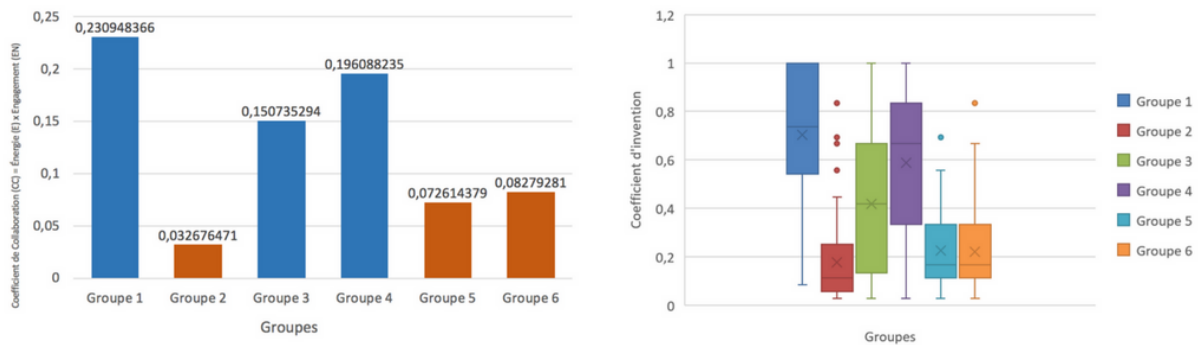


Figure 36. Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant uniquement le processus d’élaboration à partir des idées des autres individus. La partie gauche de la figure illustre le « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « *coefficient d’invention* » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Nous pouvons observer un seul changement important par rapport à la section précédente, le groupe 3 n’est plus le groupe disposant du « *coefficient de collaboration* » le plus élevé parmi les groupes expérimentaux. Dans ce cas, le groupe 1 devient le groupe avec le « *coefficient de collaboration* » le plus élevé et le groupe 4 dépasse également le groupe 3 du point de vue de ce coefficient, nous donnant une correspondance entre les coefficients de collaboration et d’invention tant pour les groupes expérimentaux que pour les groupes de contrôle.

La *figure 37* confirme nos observations à travers le calcul de corrélation (r) en obtenant une corrélation plus importante : $r(396) = .64, p < .000$. Ce que nous pouvons remarquer à travers ces résultats, c’est l’importance de l’élaboration à partir des idées des autres individus pendant le processus de conception. Ainsi nous observons une corrélation entre le niveau de collaboration dans le processus d’interaction d’un groupe d’individus et le niveau d’invention de leur produit. Plus précisément, nous observons une correspondance entre le niveau de collaboration — par opposition à la coopération — des individus interagissant dans le processus de conception d’un prototype des fonctionnalités d’un manuel scolaire numérique d’histoire et l’inventivité de leur production : le prototype. Il est important de remarquer encore une fois que cette corrélation est plus importante quand nous observons exclusivement le processus

d'élaboration à partir des idées d'autres individus du groupe, tout en relevant l'importance de ce processus pendant la conception d'un artefact numérique d'apprentissage.

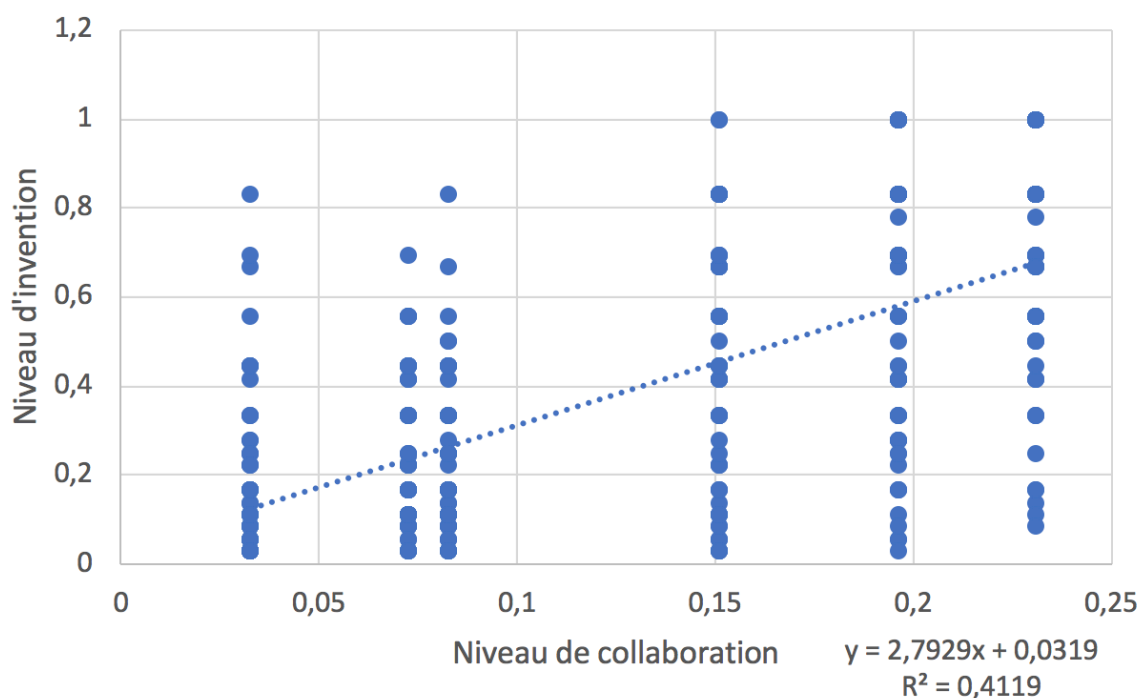


Figure 37. Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus.

2.4.2.1.3 Corrélation des coefficients correspondant au processus d'élaboration à partir des idées des autres individus et au processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées

Enfin, si nous ajoutons le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à ce processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées d'autres individus décrit dans la sous-section précédente, nous observons, à travers la *figure 38*, un retour aux résultats qui prennent en compte l'ensemble du processus de circulation des idées. Dans ce cas, ce sont les groupes 1 et 3 qui ont un « coefficient de collaboration » plus élevé, par comparaison avec le groupe 4, si nous tenons uniquement compte des groupes expérimentaux. En ce qui concerne les groupes de contrôle, la différence est presque imperceptible en maintenant la différence concernant les deux coefficients entre les groupes expérimentaux et de contrôle.

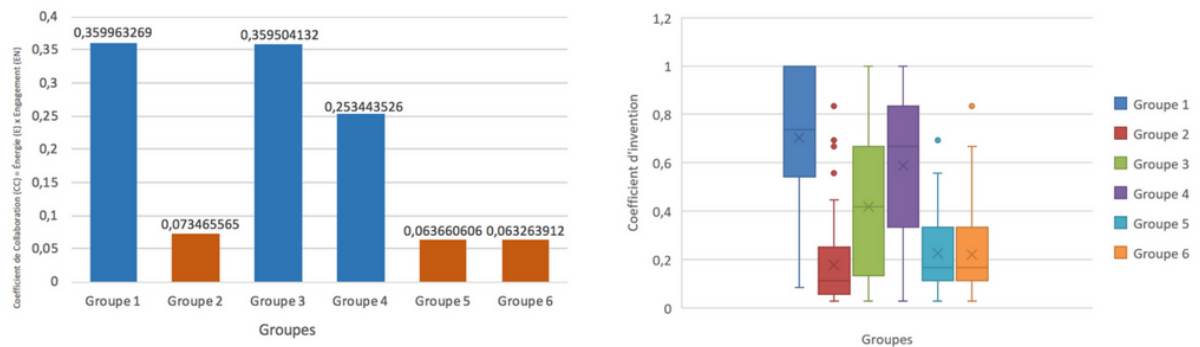


Figure 38. Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées. La partie gauche de la figure illustre le « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « *coefficient d'invention* » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).

Si nous ajoutons le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à l'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, le calcul de corrélation nous fournit une corrélation un peu plus importante que celle de l'ensemble du processus de circulation des idées : $r(396) = .56, p < .000$. Nous formulons deux hypothèses interprétatives : 1) l'importance de l'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus en vue d'augmenter l'inventivité collective d'un groupe de conception et 2) un processus de collaboration favorisant la génération et la circulation des idées au sein d'un groupe, qui se voient pénalisées par les caractéristiques (division des tâches ou division d'un groupe en sous-groupes) d'un processus coopératif. La *figure 39* illustre ces derniers résultats.

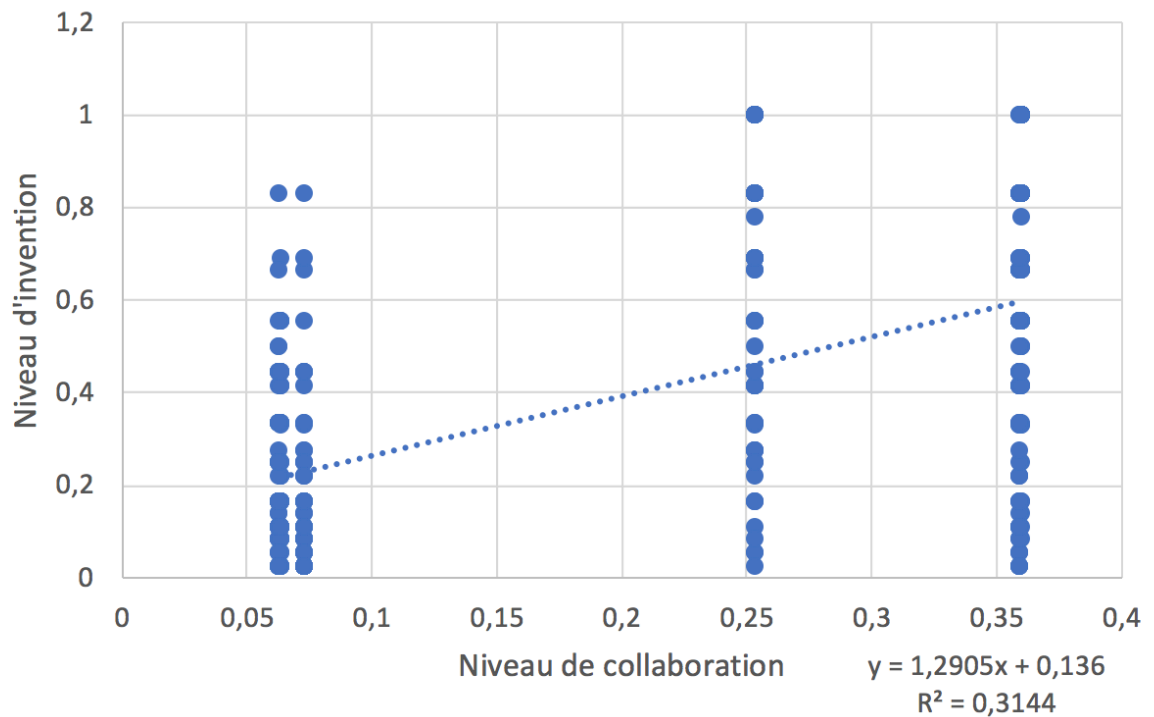


Figure 39. Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées.

2.5 Conclusion

Dans le cadre théorique, nous avons signalé que plusieurs recherches relatives à la performance d'un groupe d'individus montraient différents facteurs susceptibles d'influencer ou non la performance d'un groupe. Ces facteurs influençant la performance d'un groupe sont, dans tous les cas, liés aux dynamiques d'interaction et à la structure du groupe (comment les individus d'un groupe travaillent ensemble). Ce chapitre ajoute à ces facteurs l'importance qu'il y a à observer le rôle que joue une structure de travail collaborative et coopérative tout en montrant que le « *coefficient de collaboration* » décrit dans le chapitre précédent a un impact sur l'inventivité d'un groupe.

Dans le chapitre précédent, nous avons pris note de l'importance de l'élément « *engagement* » (comment l'information est distribuée dans le groupe) par rapport à l'élément « *énergie* » (la quantité d'idées circulant dans le groupe). Dans ce chapitre, nous pouvons

observer qu'ensemble, ces deux éléments ont un impact sur l'inventivité collective d'un groupe. Ainsi un groupe hétérogène intégrant l'ensemble des types d'acteurs du système éducatif et chargé de concevoir un artefact numérique d'apprentissage (dans le cas de cette recherche, un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire) bénéficiera d'un niveau d'invention de sa production (l'artefact numérique d'apprentissage) plus élevé uniquement si, dans la circulation des idées au sein du groupe pendant le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage, les éléments « *engagement* » et « *énergie* » sont en équilibre. De cette façon, nous pouvons observer que plus il y a d'« *engagement* » et d'« *énergie* » dans le groupe de conception, plus il y a d'inventivité dans sa production collective.

L'autre observation importante que nous avons notée dans les résultats ci-dessus concerne l'importance du processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus pendant le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage. C'est justement lors de ce processus que nous pouvons observer une correspondance entre un processus de travail collaboratif — par opposition à un processus de travail coopératif — dans la conception d'un artefact numérique d'apprentissage et le niveau d'inventivité du produit final.

Dans le chapitre suivant, nous allons explorer un dernier élément intéressant le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage par un groupe d'individus appartenant à l'ensemble du système éducatif ; il concerne le rôle de l'influence individuelle et collective lors du processus de conception et tient compte du fait que chaque individu des six groupes de conception apporte son propre « *monde* » et ses perceptions au processus de conception. En effet, un élève, un enseignant, un parent d'élève ou un inspecteur académique — pour citer entre autres les acteurs du système éducatif ayant participé à l'expérimentation de cette recherche — ne se représentaient pas l'artefact numérique d'apprentissage (le manuel scolaire numérique d'histoire) de la même façon.

Chapitre 3 : la circulation des idées et l'influence individuelle et collective

3.1 Introduction

Ce chapitre décrit la dernière analyse de cette recherche. Cette analyse vérifie les résultats des questionnaires pré-expérimentation et post-expérimentation afin d'avoir un aperçu des représentations des individus concernant l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir : un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire. Compte tenu de la difficulté d'avoir un bon aperçu de ces représentations, nous avons décidé dans les questionnaires pré et post expérimentation, de poser aux individus des six groupes non seulement la question concernant la représentation de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir, mais deux questions concernant : 1) leur représentation d'un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et 2) leur représentation concernant un manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique. Comme nous allons le constater ci-dessous, notre objectif était de mieux comprendre l'influence individuelle et collective produite pendant le processus de conception (l'expérimentation).

Dans le cadre théorique, nous avons déjà remarqué que plusieurs recherches révèlent que ce ne sont pas les arguments qui font changer les individus d'avis ou de comportement, mais la quantité de fois qu'ils sont « *exposés* » à une idée ou à un comportement par le biais des interactions individuelles ou collectives (Centola et Macy, 2007 ; Christakis et Fowler, 2009 ; Granovetter, 1977 ; Sprague et House, 2017 ; Watts, 2004). Dans le cadre de notre recherche, ce phénomène peut être connecté à l'élément « *énergie* » (quantité d'idées échangées entre deux individus), qui détermine une partie du processus de collaboration dans notre cadre théorique.

Ainsi, cette troisième analyse vise à comprendre : 1) l'influence individuelle pendant le processus de conception (l'« *énergie* » entre deux individus), 2) l'influence collective dans le processus de conception (si les idées qui sont dans l'espace collectif du groupe ont une influence sur les individus) et enfin 3) l'existence d'une différence par rapport à l'influence individuelle et collective dans les groupes expérimentaux et de contrôle.

Pour mieux comprendre cette influence, nous avons réalisé des analyses individuelles pour chaque groupe de conception concernant (comme dans le cas des deux autres analyses) : 1) l'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception, 2) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus et 3) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées.

3.2 Question de recherche

Ce chapitre aborde la question suivante :

Q4. Quelle est la dynamique d'influence individuelle et collective entre les acteurs d'un groupe hétérogène de conception d'artefacts numériques d'apprentissage qui intègre l'ensemble des acteurs du système éducatif pendant un processus de conception avec une méthode qui favorise les interactions collaboratives et en absence de cette méthode ?

Afin de répondre à cette question, comme nous l'avons déjà fait remarquer dans l'introduction de ce chapitre, nous allons nous concentrer, grâce aux questionnaires pré et post expérimentation (décrits dans la section suivante), sur l'analyse de l'influence interindividuelle, de l'influence collective dans chaque groupe, et rechercher s'il existe une différence entre les groupes expérimentaux et de contrôle par rapport à ces influences au moment de la conception de l'artefact numérique d'apprentissage.

3.3 Méthodologie et objectifs

Cette dernière analyse exploite les réponses aux deux questionnaires remis aux individus de chaque groupe de conception avant et après le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage (l'expérimentation). La procédure de remise de ces questionnaires pré et post expérimentation était très simple afin de ne pas surcharger les participants de chaque groupe. Il convient de noter que nous avons écarté certains participants pour différentes raisons afin d'obtenir les réponses les plus précises possibles. Ainsi, nous avons écarté les participants qui n'ont pas répondu avec exactitude à la demande ou ceux qui y ont répondu en retard (une fois que le processus de conception avait commencé). Dans ce contexte, il faut rappeler que chaque groupe de conception était constitué de neuf individus représentant l'ensemble des

acteurs du système éducatif. De cette façon, nous avons conservé pour l'analyse six individus du groupe 1, six individus du groupe 2, huit individus du groupe 3, six individus du groupe 4, six individus du groupe 5 et enfin sept individus du groupe 6.

Il convient de noter que notre objectif est d'identifier des représentations individuelles (singulières) et non collectives. Cela explique pourquoi des méthodes comme celles des tests d'évocation hiérarchisés applicables à la caractérisation de représentations sociales (notamment au regard de la théorie du noyau central) ne conviennent pas à cette recherche.

3.3.1 Le questionnaire pré-expérimentation

Comme nous l'avons déjà dit, notre objectif était de simplifier au maximum le questionnaire afin de ne pas surcharger les individus de chaque groupe. Ainsi, concernant le questionnaire pré-expérimentation, nous avons demandé à chaque participant de : 1) nous faire parvenir les cinq mots principaux susceptibles de représenter pour eux un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et 2) nous envoyer les cinq mots principaux susceptibles de représenter pour eux un manuel scolaire numérique d'histoire dans sa version numérique. Ces demandes ont été faites juste avant le processus de conception, ce qui explique le problème lié au délai serré de réponse au questionnaire.

Une fois les réponses de chaque individu reçues, nous avons classé les mots en différentes catégories en essayant de trouver une tendance qui, en fin de compte, est rapidement apparue. Ainsi les mots pouvaient être classés en trois catégories : 1) des mots POSITIFS comme « *innovation* », « *dynamique* », « *augmenté* », « *adaptable* », « *interactif* » ou « *agréable* », 2) des mots NÉGATIFS comme « *limitatif* », « *prescriptif* », « *dépassé* », « *difficile* », « *lourd* », « *figé* », « *statique* » et enfin 3) des mots qui n'étaient ni POSITIFS, ni NÉGATIFS, mais qui représentaient l'artefact en lui-même comme, par exemple, « *activités* », « *exercices* », « *support* », « *livre* », « *documents* », « *tablette* », ou des mots représentant l'artefact d'une manière plus abstraite comme « *Condorcet* », « *travail* », « *élève* », « *professeur* », « *lire* » ou « *écrire* » ; nous avons regroupé ces mots sous le terme MATÉRIEL.

De cette façon, nous avons un aperçu des représentations pré-expérimentation de chaque individu des six groupes de conception concernant un manuel scolaire d'histoire (l'artefact à

concevoir pendant l'expérimentation) dans sa version papier, ainsi que dans sa version numérique.

Il faut signaler que notre choix pour classer les mots (POSITIFS, NÉGATIFS et MATÉRIEL) peut apparaître comme simplificateur de la représentation d'un manuel scolaire. Dans le cadre de cette thèse, notre objectif n'était pas d'étudier les représentations du manuel scolaire, mais plutôt l'influence individuelle et collective pendant le processus de conception.

3.3.2 Le questionnaire post-expérimentation

Après les trois mois qu'a duré le processus de conception de l'artefact numérique d'apprentissage, nous avons demandé aux individus de chaque groupe, juste à la fin du processus, de nous transmettre encore une fois les cinq mots principaux représentant : 1) un manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et 2) un manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique. Étant donné que la plupart des mots du questionnaire pré-expérimentation se répétaient ou voulaient dire des choses très similaires, nous avons introduit dans ce deuxième questionnaire 30 mots, dont les mots les plus représentatifs du premier questionnaire, en ayant pour les deux demandes 10 mots POSITIFS, 10 mots NÉGATIFS et 10 mots MATÉRIEL et en leur demandant de choisir parmi ces 30 mots les cinq mots les plus représentatifs.

Notre objectif était d'observer et d'analyser les changements de représentation chez chaque individu après les interactions survenues pendant le processus de conception, et ce afin de mieux comprendre l'impact de l'influence individuelle et collective dans le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage, surtout en ce qui concernait les représentations POSITIVES et NÉGATIVES (s'il y avait un tel changement).

3.3.3 Objectifs

Cette partie de notre recherche impliquait de multiples analyses et observations concernant les individus et leurs représentations en rapport avec le niveau de l'élément « *énergie* » de chaque groupe, en particulier la quantité d'interactions individuelles et collectives. Ainsi, nous avons défini trois objectifs principaux :

1. Déterminer les changements de représentations de chaque individu dans chaque groupe de conception, afin d'analyser le niveau d'influence individuelle et collective.

2. Évaluer ces changements de représentations pour chaque groupe de conception concernant : 1) l'ensemble d'interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception, 2) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus et 3) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées.
3. Comparer les groupes expérimentaux et de contrôle concernant ces changements afin de déterminer si une structure d'interaction collaborative — par opposition à coopérative — aurait un impact sur ces changements de représentation.

La section suivante analyse les résultats obtenus dans chaque groupe de conception en essayant de mieux comprendre cette influence individuelle et collective à partir des interactions produites pendant les trois mois qu'a duré le processus de conception au sein des six groupes (trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle).

3.4 Résultats

Cette section illustre les résultats de cette troisième analyse en faisant le lien avec les trois objectifs décrits ci-dessus. Comme nous l'avons déjà indiqué, nous allons passer par les six groupes de conception afin de déterminer les changements intervenus chez chacun des individus les composant à partir des questionnaires pré et post expérimentation. De cette façon, l'analyse de chaque groupe prend en compte les interactions individuelles et également les idées à l'échelle collective du groupe.

Il conviendrait de signaler que nous nous référons, à l'échelle individuelle, aux interactions entre deux individus ; dans ce contexte, à la différence des autres deux analyses, la direction de l'interaction a été prise en compte dans les analyses puisqu'un individu « *reçoit de l'information* » d'un autre individu sous la forme d'une d'idée. De la même façon, nous nous référons à échelle collective, lorsque nous observons les idées qui ont été échangées au sein du groupe, puisque tous les individus y avaient accès et pouvaient voir les idées échangées au sein du groupe. Dans ce dernier point, il est également important de noter que, dans les groupes de

contrôle (coopératifs), nous avons tenu compte du fait que certaines idées étaient uniquement visibles pour un sous-groupe et pas pour l'ensemble du groupe.

Avant de commencer à explorer les résultats de chaque groupe, il faut relever que cette thèse ne vise pas à explorer la représentation de chaque acteur du système éducatif, tout en tenant en compte que pour réaliser une telle analyse, nous aurions besoin d'un autre type de conception de recherche. C'est pour cette raison, et afin de ne pas nous écarter des éléments intéressant cette recherche, que, dans les figures ci-dessous (illustrant les différents individus) nous n'avons pas marqué le profil de l'individu.

Il faut également préciser que, comme nous l'observerons ci-dessous, la représentation des individus concernant la version papier du manuel scolaire d'histoire était plutôt négative et celle de la version numérique plutôt positive. Si nous considérons que les individus participant à cette thèse étaient volontaires pour participer au projet REMASCO (réinventer le manuel scolaire à l'ère du numérique), nous pouvons comprendre que la plupart des individus étaient plutôt enthousiastes pour le numérique.

Comme nous l'avons constaté précédemment, cette recherche ne s'intéresse pas à l'analyse des représentations des différents acteurs du système éducatif ayant participé à cette thèse, mais plutôt à l'impact de l'influence individuelle et collective dans le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage.

Objectif 1. Déterminer les changements de représentations de chaque individu dans chaque groupe de conception, afin d'analyser le niveau d'influence individuelle et collective.

Objectif 2. Évaluer ces changements de représentations pour chaque groupe de conception concernant : 1) l'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception, 2) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus et 3) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées.

Dans cette partie, nous allons passer de groupe en groupe afin d'analyser les représentations (positives, matérielles ou négatives) de chaque individu et de cibler les individus chez qui nous observons un changement de représentation. À la fin de cette partie, nous

effectuerons une analyse générale des six groupes de conception afin de mieux comprendre ces changements liés à l'échelle d'interaction (individuelle ou collective) décrite ci-dessus.

3.4.1 L'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception

Cette section porte sur l'analyse des représentations et se sert des traces de l'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception de chaque groupe.

Groupe 1

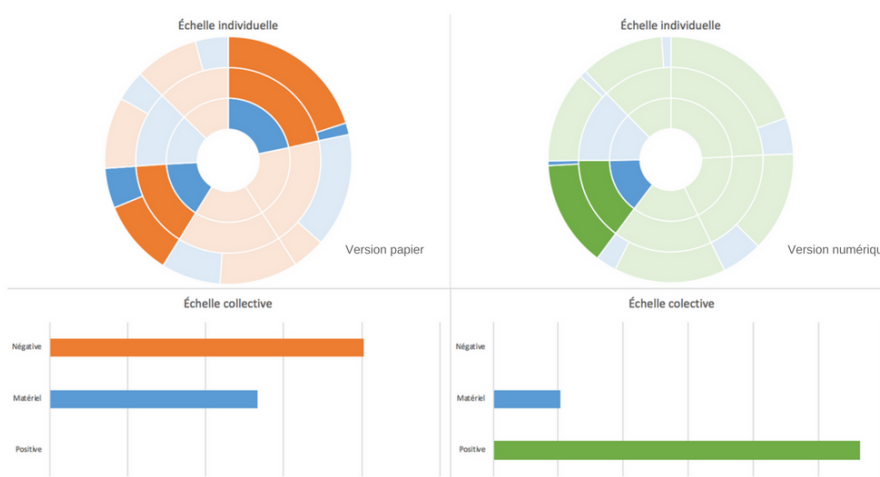


Figure 40. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 1 concernant l'ensemble des interactions.

La *figure 40* illustre les représentations ainsi que les interactions (les idées reçues par un individu) de chaque individu du groupe 1. La partie supérieure de la figure (illustrée avec des graphiques de type « rayons du soleil ») montre les individus du groupe, et la partie inférieure du graphique montre les idées qui ont été échangées au sein du groupe à une échelle collective (en nous rappelant que toutes les idées sont visibles par tous les individus). La partie gauche du graphique illustre les représentations concernant la version papier du manuel scolaire d'histoire, et la partie droite du graphique illustre les représentations concernant la version numérique du manuel scolaire d'histoire. Chaque couleur représente une catégorie de représentation différente : 1) rouge pour NÉGATIVE, 2) bleu pour MATÉRIEL et 3) vert pour POSITIVE.

Dans la partie supérieure du graphique, chaque quadrant du cercle représente un individu. Dans chaque quadrant, le niveau le plus bas du quadrant représente la réponse de l'individu dans le questionnaire pré-expérimentation ; le deuxième niveau du quadrant représente sa réponse au questionnaire post-expérimentation, et le troisième et dernier niveau du quadrant illustre la quantité de messages reçus directement d'autres individus ayant une représentation soit NÉGATIVE (rouge), soit MATÉRIEL (bleu), soit POSITIVE (vert).

Les quadrants mis en évidence (avec une couleur plus forte) représentent les individus qui ont changé entre leur représentation pré-expérimentation et leur représentation post-expérimentation (ce sont les individus qui nous intéressent). À partir du cadre théorique, nous avons constaté que ce qui fait changer un individu d'avis ou de comportement n'est pas le contenu d'un message ou d'une idée, mais la quantité de fois que cet individu est « *exposé* » à cette idée (Centola et Macy, 2007 ; Christakis et Fowler, 2009 ; Granovetter, 1977 ; Sprague et House, 2017 ; Watts, 2004). De cette manière, comme nous l'observons dans la *figure 40*, nous pouvons identifier deux individus qui ont changé de représentation concernant le manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et un individu concernant le manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique.

Dans ce cas, si nous prenons en compte notre cadre théorique, le changement de représentation confirme ce que nous avons exposé précédemment : ces individus ont reçu beaucoup de messages des autres membres du groupe ayant une représentation différente au début de l'expérimentation. Par exemple, les deux individus qui ont changé de représentation par rapport à la version papier du manuel scolaire d'histoire l'ont changé de MATÉRIEL à NÉGATIVE en recevant une quantité considérable de messages d'individus ayant une représentation NÉGATIVE.

Groupe 2



Figure 41. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 2 concernant l'ensemble des interactions.

En ce qui concerne le groupe 2, nous pouvons observer dans la figure ci-dessus un individu seul ayant changé sa représentation concernant la version numérique du manuel scolaire d'histoire, mais comme pour le groupe 1, ce changement est en rapport avec ce qui a été exposé dans le cadre théorique.

Groupe 3



Figure 42. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 3 concernant l'ensemble des interactions.

Dans la partie numérique du groupe 3, nous pouvons observer un changement qui ne concorde pas avec ce que nous avons décrit dans le cadre théorique : cet individu a changé sa représentation de MATÉRIEL à NÉGATIVE en ayant reçu des messages (idées) d'autres individus ayant une représentation plutôt MATÉRIEL ou POSITIVE. De la même manière, si nous observons l'échelle collective, les messages (idées) échangés en général dans le groupe l'ont été entre des individus ayant une vision plutôt MATÉRIEL ou POSITIVE.

Nous allons relever ces individus ayant changé de représentation et faire un résumé à la fin de cette partie pour mieux les analyser.

Groupe 4



Figure 43. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 4 concernant l'ensemble des interactions.

Comme dans le cas du groupe 3, nous observons, dans le groupe 4, deux individus (un pour la version papier du manuel scolaire d'histoire et un pour sa version numérique) témoignant d'un changement similaire à celui de l'individu du groupe 3. Le premier individu change de MATÉRIEL à NÉGATIVE en ayant reçu des messages (idées) des individus ayant une représentation MATÉRIEL. Nous pouvons observer un comportement similaire en ce qui concerne l'autre individu, qui est passé d'une représentation POSITIVE à une représentation MATÉRIEL après avoir reçu des messages (idées) des individus ayant une représentation POSITIVE.

Groupe 5



Figure 44. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 5 concernant l'ensemble des interactions.

En ce qui concerne le groupe 5, nous n'observons aucun changement en dehors de ce que nous avons illustré dans le cadre théorique.

Groupe 6



Figure 45. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 6 concernant l'ensemble des interactions.

Concernant le sixième et dernier groupe, nous observons dans la partie dédiée aux représentations du manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique un seul changement qui

comme pour les groupes 3 et 4 ne correspond pas à ce que nous avons exposé dans le cadre théorique. Il s'agit d'un individu qui passe d'une représentation POSITIVE à MATÉRIEL après avoir reçu uniquement des messages (idées) d'individus ayant une représentation POSITIVE du manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique.

Si nous résumons les individus ayant changé de représentation sans entrer dans la logique décrite dans le cadre théorique, nous obtenons les individus suivants :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

| Groupe 4 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

| Groupe 4 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de POSITIVE à MATÉRIEL

| Groupe 6 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de POSITIVE à MATÉRIEL

Au vu du résumé ci-dessus, nous constatons que tous les changements impliquent la représentation MATÉRIEL. Ce qui est délicat avec cette représentation, c'est que certains individus ont une représentation du manuel scolaire d'histoire dans sa version papier ou dans sa version numérique, entre MATÉRIEL et NEGATIVE ou entre MATÉRIEL et POSITIVE ; pour cette raison, dans la sous-section 3.4.4 nous procéderons à une analyse uniquement à partir des représentations POSITIVES et NÉGATIVES en gardant seulement la représentation MATÉRIEL si l'ensemble des mots concernaient cette représentation. Mais avant de procéder à cette analyse, nous explorerons rapidement les représentations POSITIVE, MATÉRIEL et NÉGATIVE pour le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, ainsi que pour le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées, afin de vérifier que cette même tendance (que dans le cas de l'ensemble des interactions) est maintenue.

3.4.2 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus

Cette sous-section porte sur l'analyse des représentations et exploite uniquement les traces concernant l'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus survenant pendant le processus de conception pour chaque groupe. Étant donné que nous avons déjà expliqué, dans la section précédente, comment interpréter les graphiques de ce chapitre, nous allons procéder à un rapide tour d'horizon pour identifier les individus ayant changé de représentation sans fournir d'explication à partir de notre cadre théorique et en vérifiant dans ces cas que la représentation MATÉRIEL est présente.

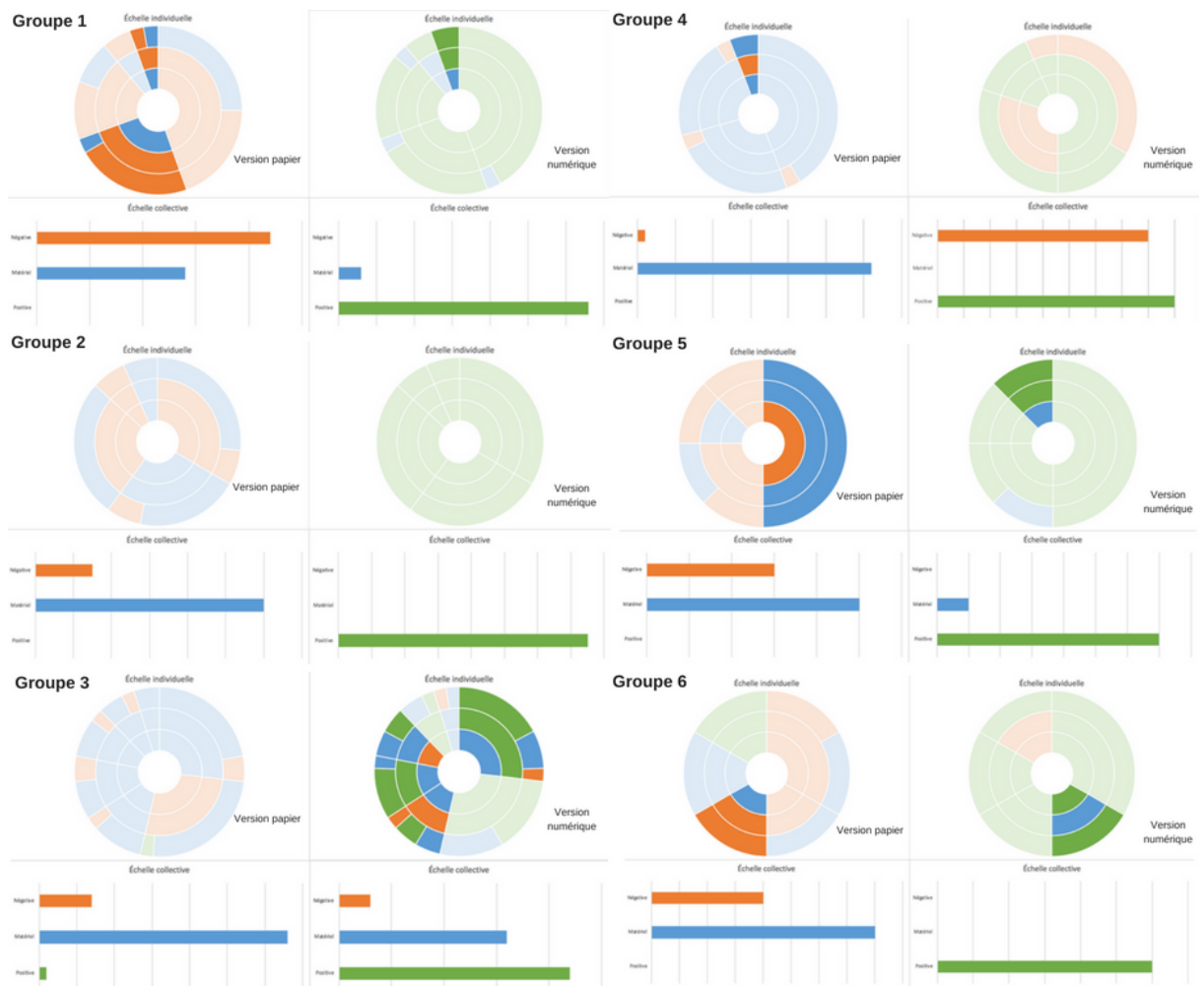


Figure 46. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des 6 groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus.

Dans la *figure 46*, nous pouvons remarquer uniquement deux individus ayant changé de représentation sans fournir d'explication à partir de notre cadre théorique :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NEGATIVE

| Groupe 6 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de POSITIVE à MATÉRIEL

Comme nous pouvons l'observer, ces deux changements de représentation sont, comme dans la section précédente, en rapport avec la représentation MATÉRIEL.

3.4.3 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées

Dans cette sous-section, nous allons ajouter au processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, décrit dans la sous-section précédente, les interactions concernant l'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées. Comme pour la sous-section précédente, nous allons faire un tour rapide afin d'identifier les individus ayant changé de représentation sans fournir d'explication à partir de notre cadre théorique et en vérifiant dans ces cas si la représentation MATÉRIEL est présente.

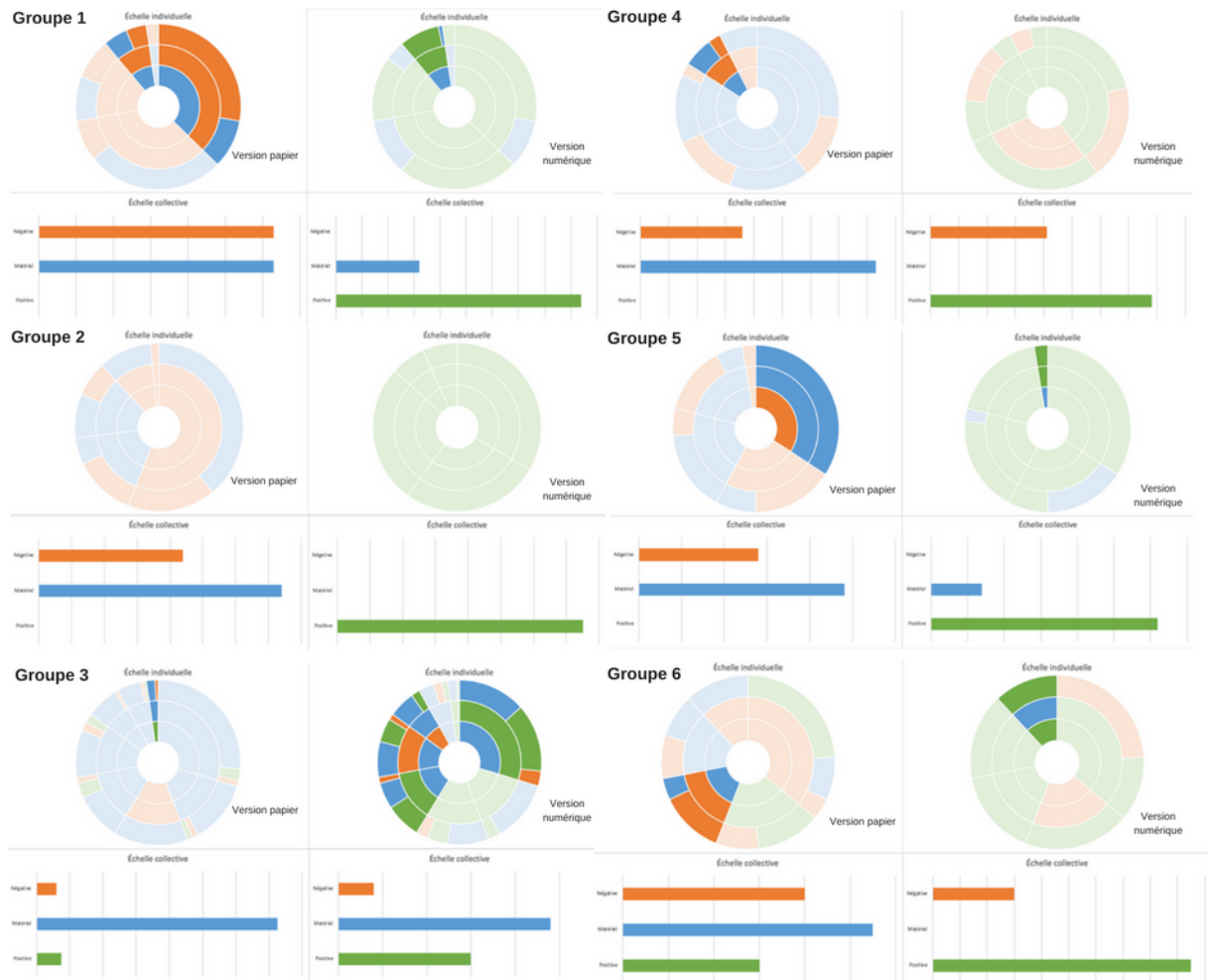


Figure 47. Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées.

Dans la *figure 47*, nous pouvons repérer les mêmes individus que dans la sous-section précédente plus un nouvel individu provenant du groupe 4, comme le montre le résumé suivant :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

| Groupe 4 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

| Groupe 6 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de POSITIVE à MATÉRIEL

Encore une fois, nous pouvons observer que les trois changements sont liés à la représentation MATÉRIEL.

3.4.4 « Simplification » des représentations vers POSITIVE et NÉGATIVE

Comme nous l'avons expliqué et compte tenu des résultats ci-dessus, nous n'avons pas eu de passage de représentation de POSITIVE à NÉGATIVE ou de NÉGATIVE à POSITIVE. Pour cela, nous jugeons pertinent de « *simplifier* » les représentations soit vers POSITIVE, soit vers NÉGATIVE puisque certains individus regardent l'artefact à concevoir sous l'aspect MATÉRIEL, mais dans certains cas, ils le regardent également d'une façon plus POSITIVE ou plus NÉGATIVE.

Dans les cas où un individu regarde l'artefact uniquement (100 %) de façon MATÉRIEL, nous avons laissé la représentation comme MATÉRIEL ; dans les autres cas, si, par exemple, un individu a trois mots MATÉRIEL et deux NÉGATIVE la représentation, dans les résultats qui suivent, sera NÉGATIVE. Comme pour les sous-sections précédentes, nous allons procéder à l'analyse de ces changements de représentations pour chaque groupe de conception concernant le deuxième objectif de ce chapitre : 1) l'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception, 2) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus et 3) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées.

Étant donné que nous avons expliqué en détail les graphiques concernant chaque groupe de conception, nous n'allons pas passer d'un groupe à l'autre dans les analyses suivantes. Cependant nous allons procéder à une analyse générale des six groupes de conception, d'une part, pour les trois niveaux d'interactions dans le processus de circulation des idées, en commençant par le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres, puis le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées, et, d'autre part, pour l'ensemble des interactions dans ce processus de circulation des idées. Nous allons suivre cet ordre puisque le processus d'« *inspiration* » ajoute une « *couche* » d'interactions au processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres. De la même façon, l'ensemble des interactions ajoute une « *couche* » ou un niveau supplémentaire d'interactions

au processus d'« inspiration », nous permettant de mieux comprendre les changements de représentations au fur et à mesure que ces « couches » ou niveaux supplémentaires d'interactions s'ajoutent.

3.4.4.1 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus



Figure 48. Résultats de la « simplification » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant uniquement le processus de construction sur les idées des autres individus.

La figure 48 illustre les résultats de la première « simplification » des représentations individuelles décrite ci-dessus. Ces résultats nous permettent d'observer que nous retrouvons des individus ayant changé de représentation sans fournir d'explication à partir de notre cadre

théorique uniquement dans le groupe 3 ; ils sont au nombre de cinq individus (trois concernant le manuel scolaire d'histoire dans sa version papier et deux autres concernant le manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique) comme décrit le résumé ci-dessous :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de NÉGATIVE à MATÉRIEL

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

Avant d'analyser ces changements en détail, nous allons observer les résultats des deux sous-sections suivantes qui nous permettront d'étayer certaines explications que nous ferons ensuite.

3.4.4.2 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées

Comme nous l'avons déjà remarqué, le processus d'« *inspiration* » ajoute une nouvelle « *couche* » ou niveau d'interactions en ajoutant au processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées. La *figure 49* illustre ces résultats.

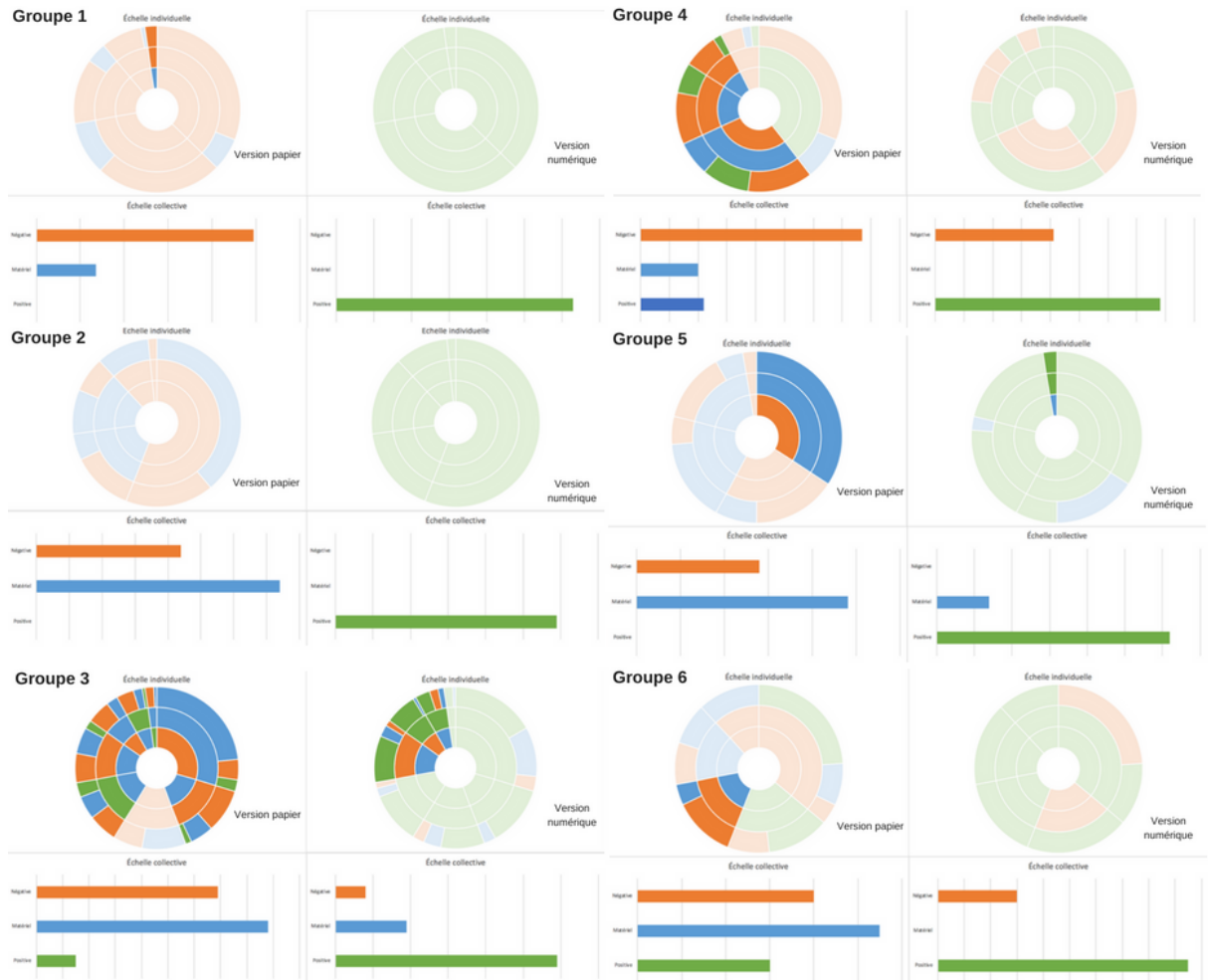


Figure 49. Résultats de la « simplification » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées.

Dans les résultats ci-dessus, nous relevons les mêmes individus que pour le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, illustré dans la *figure 48*, sauf le dernier individu concernant la version numérique du manuel scolaire d'histoire. Si nous observons en détail l'individu en question, nous notons que, pendant le processus d'« inspiration », il a reçu une quantité considérable d'idées des autres individus avec une représentation POSITIVE, fournissant ainsi une logique à ce changement de représentation. Parmi les individus ayant changé de représentation sans fournir d'explication à partir de notre

cadre théorique, il nous reste donc quatre individus du groupe 3, ainsi que le montre le résumé suivant :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de NÉGATIVE à MATÉRIEL

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

Enfin nous allons observer dans la sous-section suivante l'ensemble des interactions pour essayer de trouver d'autres pistes nous permettant de mieux comprendre ce phénomène.

3.4.4.3 L'ensemble des interactions pendant le processus de conception

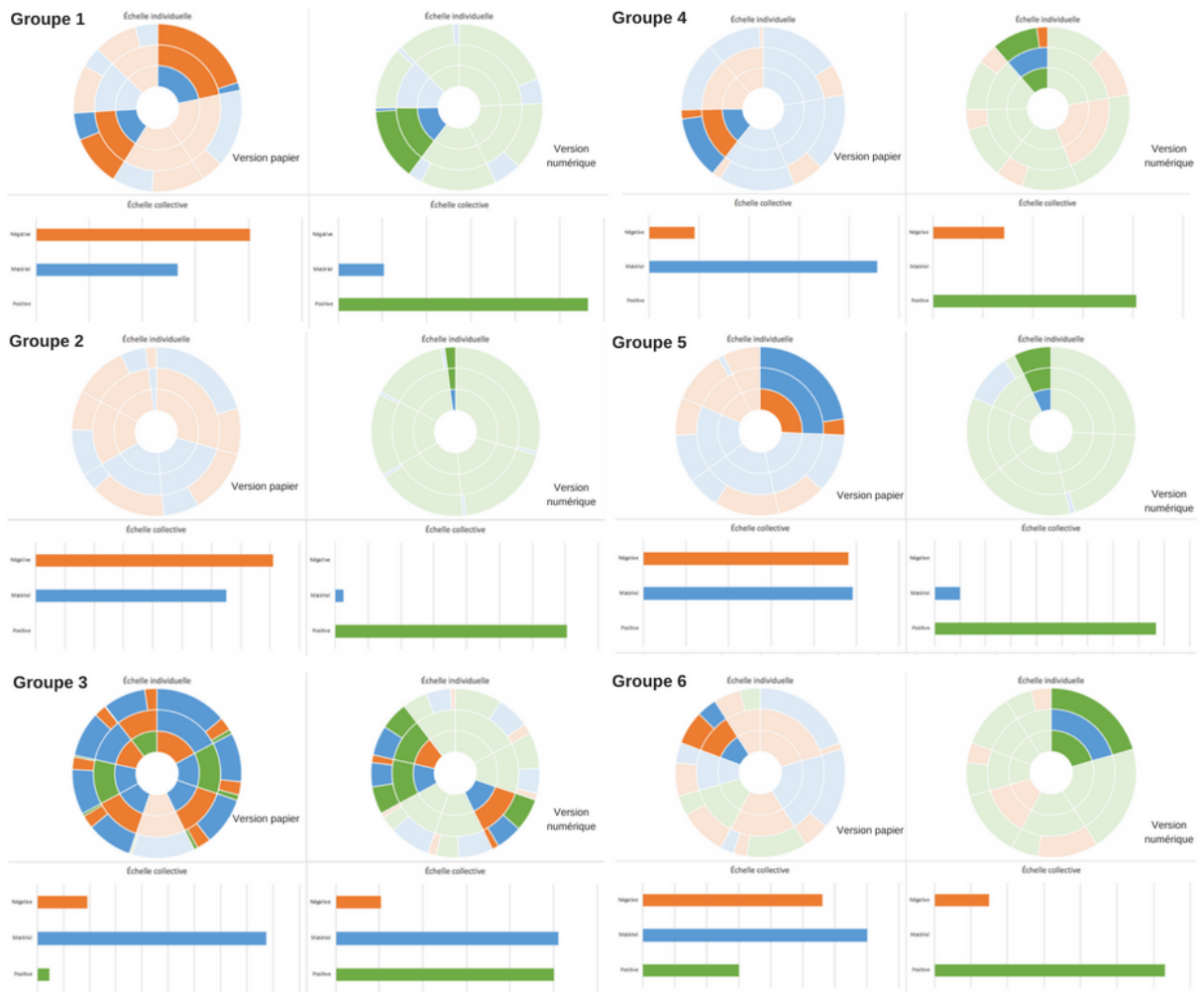


Figure 50. Résultats de la « simplification » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions.

Nous pouvons observer qu'il y a deux individus avec la même représentation qui n'étaient pas dans les deux sous-sections précédentes. Les deux individus en question signalent un passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE, avec une influence plus forte des individus ayant une représentation MATÉRIEL dans l'ensemble, mais une influence NÉGATIVE en ce qui concerne le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, nous donnant ainsi une explication en rapport avec notre cadre théorique concernant ces deux individus.

Nous observons également la disparition d'un des individus des deux sections précédentes ; il s'agit de l'individu avec une représentation passant de NÉGATIVE à MATÉRIEL qui, dans l'ensemble des interactions, avait reçu une quantité considérable de messages des individus ayant une représentation MATÉRIEL, ce qui, selon notre cadre théorique, pourrait expliquer ce changement.

Il nous reste ainsi trois individus chez lesquels nous ne trouvons pas d'explication à leurs changements de représentation dans notre cadre théorique :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique : passage de MATÉRIEL à NÉGATIVE

Avant d'explorer plus en détail ces trois individus, il convient de noter que les deux premiers changements concernent la représentation de la version papier du manuel scolaire d'histoire, la dernière représentation concernant la version numérique.

La *figure 51* fournit une illustration plus détaillée de ces trois individus au sein du groupe 3 :



Figure 51. Résultats de la « simplification » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 3 concernant l'ensemble des interactions.

En ce qui concerne l'individu ayant changé de représentation, en passant de MATÉRIEL à NÉGATIVE, par rapport à la version numérique du manuel scolaire d'histoire, c'est le seul individu des six groupes qui a une représentation critique du manuel scolaire d'histoire dans sa version numérique, le différenciant des autres individus qui ont signalé leur représentation autour du potentiel du numérique dans un manuel scolaire d'histoire. Ainsi, l'individu en question donne la représentation détaillée suivante : « pas adapté », « pas actualisé », « une copie du papier ». Dans l'évolution de sa représentation, nous pouvons également noter l'influence du projet REMASCO, qui fait une critique similaire de la version numérique du manuel scolaire en général.

Cette observation nous permet d'écarter cet individu de l'analyse, dans la mesure où nous avons trouvé une piste qui pourrait nous donner une explication à son changement de représentation.

Il nous reste donc deux individus témoignant exactement du même changement de représentation concernant la version papier du manuel scolaire d'histoire :

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

| Groupe 3 - Manuel scolaire d'histoire dans sa version papier : passage de MATÉRIEL à POSITIVE

Dans les deux cas, et en passant par l'ensemble des « *filtres* » d'analyse des changements de représentation de chaque individu dans les six groupes de conception, nous ne trouvons pas d'explication dans le cadre théorique en ce qui concerne l'« *exposition* » à une idée ou représentation en vue d'un changement (Centola et Macy, 2007 ; Christakis et Fowler, 2009 ; Granovetter, 1977 ; Sprague et House, 2017 ; Watts, 2004).

Dès lors, ce que nous avons fait a consisté à analyser le rapport entre les représentations de ces deux individus et l'artefact numérique d'apprentissage qu'ils ont conçu pendant les trois mois de l'expérimentation. En observant la solution du prototype du groupe 3 (décrit plus en détail dans l'annexe A), nous remarquons que ce groupe de conception est le seul groupe à ne pas avoir abandonné la version papier du manuel scolaire d'histoire.

Ainsi, en regardant les premières lignes de la description de leur solution nous pouvons lire ce qui suit :

« La solution proposée est un “beau livre” d'histoire en format papier contenant un cours complet et des illustrations de qualité. Ce livre est accompagné de plusieurs “pages numériques”, connectées à un supplément numérique lui permettant de télécharger en mémoire vive des ressources supplémentaires (en réalité augmentée, des projections 3D, des frises chronologiques permettant de situer chaque événement, des cartes animées permettant de situer chaque lieu). Cette “page numérique” dispose également d'un espace collaboratif pour échanger des résumés de chaque chapitre entre les élèves. »

En observant les représentations de la version papier du manuel scolaire d'histoire de l'ensemble des groupes, comme nous l'avons remarqué au début de ce chapitre, nous constatons qu'elle est plutôt négative, sauf pour les groupes 3 et 4, groupes dans lesquels cette représentation tourne plutôt autour du manuel scolaire vu comme MATÉRIEL. Ce qui est intéressant concernant le groupe 3, c'est qu'après les trois mois du processus de conception, certains individus de ce groupe, ayant une représentation négative de la version papier du

manuel scolaire d'histoire, n'avaient plus cette représentation à la fin du processus, mais au lieu que ces représentations deviennent MATÉRIEL ou NÉGATIVE, comme dans le cas du groupe 4, elles sont devenues POSITIVES.

L'explication donnée à travers le cadre théorique concernant l'influence et les changements d'idées, de comportements ou, dans le cas de cette recherche, de représentations est présente chez quasiment tous les individus ayant participé à l'expérimentation. Nous constatons que plus nous sommes exposés à plusieurs reprises à une idée déterminée à travers de l'élément « *énergie* » (quantité d'idées échangées entre deux individus), plus nous avons une probabilité de l'adopter.

Un dernier élément à explorer est que le processus de conception et l'artefact conçu en lui-même pourraient avoir un pouvoir d'influence sur les individus impliqués dans ce processus. Dans ce contexte, l'artefact conçu pourrait représenter la circulation des idées de l'ensemble du groupe (les « *idées collectives* »), et ce sont ces « *idées collectives* » ancrées dans l'artefact conçu qui influenceraient potentiellement les idées et les représentations de ses concepteurs.

3.4.5 Changements des représentations dans les groupes expérimentaux et de contrôle

Il est impossible de noter une différence collective entre les changements de représentations concernant les individus des groupes expérimentaux et de contrôle.

Lorsque nous observons les trois niveaux d'interaction (l'ensemble des interactions, le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, et le processus d'élaboration conceptuelle [« *inspiration* »] à partir de ces idées), nous constatons que l'analyse de ces changements est, d'un point de vue qualitatif, plus intéressante dans les groupes expérimentaux (collaboratifs) que dans les groupes de contrôle (coopératifs), du fait de la pauvre circulation d'idées dans les groupes de contrôle concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus.

3.5 Conclusion

Comme le suggère le cadre théorique, l'« *exposition* » aux idées des autres individus joue un rôle important dans le processus d'influence des idées ou des représentations des individus chargés de concevoir un artefact numérique d'apprentissage, d'où l'importance de disposer d'un groupe de conception hétérogène intégrant l'ensemble des acteurs du système éducatif, puisque chacun apporte son « *monde* » ou son contexte au sein du groupe.

Les résultats exposés dans ce chapitre confirment ce processus d'influence entre les individus d'un groupe de conception, mais ils ouvrent également des pistes intéressantes nous permettant d'aller plus loin dans la compréhension de ce processus d'influence. Dans ce contexte, un autre aspect intéressant à noter dans les résultats concerne le changement des représentations des individus et son lien avec les trois niveaux d'interactions sur lesquels nous avons travaillé tout au long de la présente partie : 1) l'ensemble des interactions, 2) le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus et 3) le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir de ces idées. Ainsi, nous avons identifié une première « *couche* » d'interactions impactant les représentations des individus : le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. Nous avons déjà relevé l'importance de ce processus sur l'inventivité collective d'un groupe et noté que tous les groupes (expérimentaux et de contrôle) ont plus de difficulté à élaborer de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, en observant que, dans cette première « *couche* » d'interactions, il y avait moins de circulation des idées au sein du groupe. Si nous ajoutons la deuxième « *couche* » d'interactions en rapport avec le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir des idées des autres individus, nous observons de nouvelles interactions et donc de nouveaux changements de représentation chez les individus des six groupes de conception. Enfin, en ajoutant la troisième et dernière « *couche* » d'interactions, qui intégrait l'ensemble des interactions pendant le processus de conception, nous observons encore une fois de nouveaux changements dans les représentations des individus.

Il est important de noter, par rapport à ces changements et au lien avec les trois « *couches* » d'interactions décrites dans le paragraphe précédent, qu'à chaque fois que nous avançons dans l'analyse de chaque « *couche* » d'interactions, nous observons des changements

surtout et presque uniquement dans les groupes expérimentaux, les groupes de contrôle demeurant presque inchangés. Ce phénomène peut s'expliquer par la différence dans les deux analyses précédentes, décrites aux chapitres 1 et 2 de la présente partie, concernant la circulation des idées des groupes expérimentaux et de contrôle. Nous avons remarqué en effet une circulation d'idées (liée aux éléments « *engagement* » et « *énergie* » du cadre théorique) plus grande dans les trois groupes expérimentaux par rapport aux groupes de contrôle. Pour cette raison, nous pouvons établir que, même s'il y a une grande diversité dans un groupe de conception (qui, comme nous l'avons vu dans le cadre théorique, est un élément important de l'inventivité d'un groupe d'individus), l'inventivité dudit groupe sera de toute façon pénalisée, si le processus de circulation des idées est très pauvre (processus qui, comme nous l'avons vu dans les deux chapitres précédents, a été impacté de façon négative par la dynamique et la structure de travail coopératif des groupes de contrôle).

Enfin, un élément qui pourrait être intéressant concerne le fait d'avoir ajouté l'impact de l'artefact à concevoir sur les idées ou les représentations des individus impliqués dans le processus de conception. Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, l'artefact conçu pourrait être une représentation de la circulation des idées de l'ensemble du groupe (les « *idées collectives* »), et ces « *idées collectives* » ancrées dans l'artefact conçu pourront être susceptibles d'influencer les idées et les représentations de ses concepteurs (outre l'exposition individuelle répétée à des idées ou des représentations).

Conclusion et discussion

Afin de comprendre et d'agir sur les systèmes du monde qui nous entoure, nous avons besoin d'information. C'était l'un des principes fondamentaux de Norbert Wiener lorsqu'il a inventé la cybernétique en 1948. Un élément fondamental d'un système est la connexion de ses composants à de nombreuses échelles et dimensions.

En 1969, Herbert Simon définissait le terme « *conception* » en disant que chaque fois que nous façonnons intentionnellement notre monde pour nous adapter, nous sommes en train de concevoir et, chaque fois que nous ne le faisons pas, c'est le monde qui vient à nous. Ainsi, à différents niveaux, nous avons toujours été des concepteurs dans la mesure où nous changeons les situations existantes en situations préférées (Simon, 1969).

Wiener était inspiré par le paradigme venu de la physique, selon lequel ce n'est pas un monde, mais tous les mondes qui sont de possibles réponses à un ensemble limité de questions concernant l'environnement qui nous entoure (Wiener, 1988). Cela représente le monde ambigu dans lequel nous vivons en tant que concepteurs du monde qui nous entoure.

Malgré les efforts que nous déployons pour découvrir le plus d'informations possible sur le contexte dans lequel nous concevons, en tant que concepteurs, nous ne dépendons en fin de compte que de notre jugement, qui est très limité. Ainsi, nous choisissons, synthétisons et intégrons ces informations dans un nouvel artefact conçu.

Cette thèse étudie un paradigme de collaboration autour du processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage, en distinguant le terme « *collaboration* » (quand les individus d'un groupe de conception font tout le travail ensemble sans le diviser) du terme « *coopération* » (quand les individus d'un groupe de conception divisent le travail, résolvent les sous-tâches individuellement ou en sous-groupes, puis rassemblent les résultats partiels en vue d'un résultat final) (Dillenbourg, 1999 ; George et Leroux, 2001 ; Helle *et al.*, 2006), afin d'explorer l'impact de ces deux dynamiques d'interaction et de structures de travail sur l'inventivité collective d'une solution conçue par un groupe d'individus travaillant ensemble pour résoudre un problème donné.

Dans ce contexte, comme nous l'avons noté, ce travail porte sur la conception d'artefacts numériques d'apprentissage et leur manque d'inventivité à l'heure où il convient de transformer l'expérience d'apprentissage au sein du système éducatif (Conole et Dyke, 2004 ; Cuban, 1986, 2001, 2008 ; Gibson, 1979 ; Reich et Ito, 2017 ; Tricot, 2017). Cette thèse explore non seulement l'impact d'un travail d'interaction collaboratif ou coopératif sur l'inventivité collective, mais aussi l'effet de l'intégration de l'ensemble des acteurs du système éducatif dans le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage dans une dynamique d'interactions collaborative et coopérative.

Cette recherche tient également compte du fait que chaque acteur amène son propre « monde » ou contexte dans le processus de conception, tout en considérant l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir à la fois comme un « objet-valise » et comme un « objet-frontière » (Flichy, 2003).

Dans la partie III de cette recherche, nous avons choisi de nous baser et de nous inspirer de la « théorie de la physique sociale » proposée par Pentland (2015), ainsi que du modèle « de la genèse instrumentale et des interactions sociales » proposé par Cerisier (2011, p. 114), comme base théorique de cette recherche. Tout comme l'objectif de la physique traditionnelle est de comprendre comment la circulation d'énergie se traduit par des changements de mouvement, la « théorie de la physique sociale » cherche à comprendre comment la circulation des idées et des informations se traduit par des changements de comportement au sein d'un groupe d'individus (Pentland, 2015), nous permettant ainsi de mieux comprendre cette circulation des idées au sein d'un groupe collaboratif ou coopératif pendant le processus de conception d'un artefact numérique d'apprentissage.

Dans ce contexte, nous avons identifié deux éléments à mesurer afin de déterminer le niveau de collaboration et de coopération d'un groupe d'individus : 1) l'« énergie », qui est définie par la fréquence de communication entre deux individus dans un groupe, en soulignant à partir du cadre théorique qu'un des facteurs importants déterminant la performance d'un groupe ne réside pas dans le contenu de la communication entre les individus du groupe, mais dans la manière de communiquer de ces individus, ainsi que dans la fréquence de cette communication (Onnela *et al.*, 2014 ; Pentland et Heibeck, 2010), et 2) l'« engagement », qui est défini par la coordination et la distribution de la circulation des idées au sein d'un groupe,

en cherchant à comprendre comment cette distribution de la circulation des idées et des informations à l'intérieur du groupe se traduit par des changements de comportement de ces individus au profit notamment de l'inventivité collective du groupe.

La partie IV expliquait le cadre méthodologique de cette recherche. Ainsi, nous avons choisi comme artefact numérique à concevoir un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire. Dans ce contexte, nous avons conçu une recherche expérimentale en trouvant un équilibre intéressant entre une recherche de laboratoire, nous donnant la possibilité de contrôler les variables d'intérêt et de désintérêt, et une recherche écologique, à travers le projet industriel qui sous-tend cette recherche (le projet REMASCO, pour réinventer et reconcevoir le manuel scolaire à l'ère du numérique), nous permettant de faire travailler les participants de cette thèse sur un vrai projet pendant trois mois sans les informer du caractère scientifique de l'expérimentation.

De cette façon, nous avons constitué six groupes de conception inter-catégoriels, en nous ménageant la possibilité d'intégrer dans chaque groupe de conception l'ensemble des acteurs du système éducatif. Ainsi, chaque groupe de conception était constitué de neuf profils d'acteurs du système éducatif : 1) élèves, 2) enseignants d'histoire, 3) enseignants d'une discipline différente, 4) chefs d'établissement, 5) inspecteurs académiques, 6) parents d'élève, 7) personnels de direction stagiaire, 8) formateurs, 9) représentants d'une entreprise en rapport avec l'édition et la conception d'artefacts d'apprentissage.

Dans ce contexte, trois groupes de conception étaient COLLABORATIFS, représentant les groupes expérimentaux, et trois groupes de conception étaient COOPÉRATIFS, représentant les groupes de contrôle. Concernant l'expérimentation scientifique, nous avons conçu une méthode de conception sur la base de notre cadre théorique, que nous avons utilisé avec un logiciel que nous avons adapté à l'expérimentation scientifique afin de faciliter les interactions en asynchrone des individus de chaque groupe pendant les trois mois qu'a duré le processus de conception, en traçant toutes les interactions des individus des six groupes (trois groupes expérimentaux et trois groupes de contrôle).

À la fin du processus de conception (l'expérimentation), chaque groupe avait conçu un prototype des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire, ce qui nous a permis

d'étudier trois variables qui ont été analysées dans trois chapitres de la partie VI : 1) la circulation des idées et les interactions collaboratives et coopératives, 2) la circulation des idées, la collaboration, la coopération et l'inventivité collective et 3) la circulation des idées et l'influence individuelle et collective.

Par rapport au processus de circulation des idées et aux interactions collaboratives et coopératives au sein d'un groupe, nos résultats ont montré l'importance du travail d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus en créant une « *chaine* » d'idées dans le groupe. Ainsi, l'élément « *engagement* » se réfère à la manière dont cette « *chaine* » d'idées est distribuée dans le groupe. Dans ce contexte, les résultats concernant les interactions uniquement par rapport au processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus ne montraient pas de différence entre les groupes collaboratifs et coopératifs, mais soulignaient dans les six groupes que plus le niveau d'« *engagement* » d'un groupe de conception augmente (plus l'information est distribuée de façon homogène), plus le niveau d'« *énergie* » (quantité d'interactions dans le groupe) augmentera, favorisant de cette manière la circulation des idées du groupe avec une égalité et une quantité de participation des individus plus grande.

En ce qui concerne l'inventivité collective d'un groupe de conception, il faut remarquer encore une fois l'importance du processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus en créant la « *chaine* » d'idées que nous avons mentionnée dans le paragraphe précédent, et le lien de ce processus avec l'inventivité collective d'un groupe. Dans ce contexte, nous avons trouvé une correspondance entre le « *coefficient de collaboration* » et le « *coefficient d'invention* » uniquement en ce qui concerne le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, en ayant trouvé également une correspondance en ce qui concerne les autres niveaux d'interaction analysés : 1) l'ensemble des interactions et 2) le processus d'élaboration conceptuelle (« *inspiration* ») à partir des idées des autres individus. Ainsi, nos résultats ont montré que plus le « *coefficient de collaboration* » augmente, plus le « *coefficient d'invention* » augmentera ; autrement dit, plus les éléments « *engagement* » et « *énergie* » augmentent dans un groupe d'individus travaillant ensemble pour concevoir une solution à un problème donné (comme la conception d'un artefact numérique d'apprentissage pour le système éducatif), plus l'inventivité collective du groupe augmentera.

Concernant la problématique de cette recherche en particulier, ses résultats montrent que même si nous intégrons tous les acteurs du système éducatif dans le processus de conception des artefacts numériques d'apprentissage, si ces acteurs travaillent avec une dynamique d'interaction coopérative, leur inventivité collective se verra influencée de façon négative. C'est justement ce phénomène que nous pouvons observer quand nous regardons de près la conception des manuels scolaires numériques. Les éditeurs essayent d'intégrer les différents acteurs du système éducatif dans leur conception, mais ils les intègrent de façon complètement coopérative (Leroy, 2012).

Enfin, en ce qui concerne l'influence individuelle et l'influence à une échelle collective pendant le processus de conception, dans le cadre théorique, nous avons montré que plus nous sommes « *exposés* » de façon répétée à une idée ou à un comportement déterminé (« *énergie* »), plus la probabilité de l'adopter augmente.

Si nous considérons l'artefact à concevoir comme un « *objet-valise* », ainsi que comme un « *objet-frontière* », chaque individu arrive au processus de conception avec son propre « *monde* », c'est-à-dire avec ses propres idées, croyances, espoirs, etc. Ainsi, l'individu regarde l'artefact à concevoir comme un « *objet-valise* », et c'est justement le processus de conception de cet artefact qui transformera l'artefact d'un « *objet-valise* » en « *objet-frontière* ».

Dans ce contexte, nos résultats ont exposé un élément particulièrement intéressant, concernant le pouvoir qu'a l'« *exposition* » répétée à une idée pour transformer les idées ou les représentations des individus à l'échelle individuelle. Mais nos résultats montrent également que la façon de concevoir un artefact numérique d'apprentissage, ainsi que l'artefact conçu (« *objet-frontière* ») en lui-même, pourrait aussi influencer l'adoption de certaines idées par certains individus autour de la conception de cet artefact.

Ainsi, l'artefact conçu ou « *objet-frontière* » pourrait être une représentation de la circulation des idées de l'ensemble du groupe à l'échelle collective, et ce sont ces « *idées collectives* » ancrées dans l'artefact conçu ou dans l'« *objet-frontière* », qui pourront être susceptibles d'influencer ensuite les idées ou les représentations de ses concepteurs.

Nous avons donc observé que les individus, au début du processus de conception, voient la solution à concevoir comme un « *objet-valise* », étant donné que chaque individu vient de son

« *propre monde* », avec ses propres idées, représentations, croyances et espoirs. Ceux-ci peuvent être transformés pendant le processus de conception de la solution à une échelle individuelle, à travers un processus d'« *expositions individuelles* » répétées, mais également à une échelle collective, à travers la solution conçue qui contient les idées collectives des concepteurs, en regardant cette solution conçue comme l'« *objet-frontière* » appartenant au groupe de conception.

Nous avons défini la collaboration comme l'équilibre entre deux éléments : 1) l'« *énergie* » et 2) l'« *engagement* », définis dans la « *théorie de la physique sociale* ». Nous avons vu que l'influence de la division du travail résultant d'un processus de travail coopératif est susceptible d'incrémenter la création de « *chambres d'écho* » au sein d'un groupe de conception.

Un autre résultat intéressant concerne l'influence d'une dynamique et d'une structure de travail coopératif sur l'élément « *énergie* », le niveau de cet élément chez les groupes coopératifs étant inférieur à celui des groupes collaboratifs.

En ce qui concerne l'inventivité collective d'un groupe de conception, il était intéressant d'observer la différence entre les trois groupes de conception collaboratifs et les trois groupes coopératifs. Ainsi, lorsque nous observons les changements du « *coefficient de collaboration* » des groupes de conception numéro 3 et numéro 4 (collaboratifs) dans les résultats du nombre total d'interactions et du nombre d'interactions lors de l'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, et les comparons à leurs valeurs respectives du « *coefficient d'invention* », nous pouvons identifier l'importance, en ce qui concerne l'inventivité collective, de ce processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Sans oublier de prendre en compte les limites de ce type d'étude par rapport aux analyses quantitatives, ces résultats soutiennent nos hypothèses en répondant à notre question de recherche.

Il convient d'observer que cette recherche a eu lieu dans un contexte de recherche très spécifique dans le cadre du projet industriel REMASCO (pour réinventer et reconcevoir le manuel scolaire à l'ère du numérique). Elle a permis de concevoir six prototypes des fonctionnalités d'un manuel scolaire numérique d'histoire dans une dynamique d'interaction et une structure de travail collaboratif et coopératif, mais elle doit être reproduite en utilisant la

méthode de conception proposée, soit dans le même contexte de recherche, soit dans d'autres contextes de recherche en rapport avec le système éducatif.

De cette façon, la méthode de conception élaborée à partir de notre cadre théorique faciliterait la reproductibilité de cette recherche dans le même contexte de recherche (la conception d'artefacts d'apprentissage) ou dans d'autres contextes où la conception d'une solution à un problème donné est requise. Quelques exemples de ces contextes de recherche seraient les interactions collaboratives et coopératives entre élèves dans une salle de classe ou les interactions collaboratives et coopératives entre enseignants, ou entre enseignants et élèves.

Un autre aspect intéressant à développer à partir de ce travail concerne le processus d'interaction asynchrone, synchrone, en face à face ou en ligne, en ajoutant en plus d'un logiciel pour tracer les interactions, tel que celui utilisé dans le cadre de cette thèse, une fonctionnalité pour tracer les mêmes interactions en synchrone et en face à face.

Notre contribution plus spécifique est liée aux éditeurs de manuels scolaires numériques. Il s'agit de leur donner de nouvelles pistes pour repenser leur façon de concevoir ces artefacts numériques d'apprentissage. Cette ainsi, que nous avons fait une présentation des fonctionnalités, ainsi que des retours sur ces fonctionnalités et des recommandations de conception à la Région Nouvelle Aquitaine concernant la mise en place de la nouvelle ENT qui allait intégrer des manuels scolaires numériques.

Enfin, notre contribution, en rapport avec l'ensemble du système éducatif, propose une méthode de conception qui peut être utilisée dans d'autres contextes avec des situations de résolution de problèmes, en travaillant uniquement avec des élèves, des enseignants ou d'autres acteurs du système éducatif, et en ouvrant de nouvelles pistes de recherche.

C'est ainsi que, avec la Direction du numérique pour l'éducation du ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse et les autres partenaires ayant participé à cette thèse, nous avons utilisé la méthode de conception décrite tout au long de ce travail (révisée en fonction de nos résultats), lors de plusieurs manifestations en rapport avec la conception d'artefacts numériques d'apprentissage avec des enseignants, des étudiants et des élèves. Ces projets ont fait et continuent à faire évoluer la méthode de conception pour l'adapter à différents contextes.

Pour rappel, la méthode de conception était constituée de trois parties : 1) la découverte de la problématique ou du besoin, 2) l'appropriation de cette problématique ou de ce besoin pour imaginer une solution et 3) la construction d'un prototype de la solution.

Comme pour les résultats de cette recherche, dans ces manifestations organisées autour de la conception d'artéfacts numériques d'apprentissage, un processus de travail en collaboration — en opposition à un processus de travail en coopération —, d'un point de vue strictement qualitatif, nous a fourni de bons résultats pour les deux premières phases de la méthode, mais des résultats insatisfaisants pour la troisième phase (la construction d'un prototype de la solution) où nous avons trouvé qu'un processus de travail coopératif était plus approprié.

Une explication à ce phénomène peut être trouvée dans la nature de la tâche de chaque phase de la méthode de conception. Dans les deux premières phases de la méthode, un groupe de conception doit être inventif afin d'identifier un besoin et d'imaginer ensuite une solution qui réponde à ce besoin. Dans ce cas, et comme le montrent les résultats de cette recherche, plus un groupe de conception hétérogène travaille en collaboration (plus les éléments d'« *énergie* » et d'« *engagement* » augmentent) en encourageant les individus à élaborer de nouvelles idées à partir des idées des autres individus, plus le niveau d'inventivité collective augmentera dans le groupe.

Dans la troisième phase de la méthodologie de conception (la construction du prototype), un groupe de conception doit être plus efficace qu'inventif en ce qui concerne la construction du prototype : il a uniquement besoin d'exécuter et d'appliquer ce qui a été imaginé dans les deux phases précédentes. Nos premières observations qualitatives nous ont montré qu'un processus de travail en collaboration dans cette troisième phase pourrait nuire à ce besoin d'efficacité pour concrétiser le prototype de la solution imaginée, alors qu'un processus de travail en coopération pourrait favoriser la construction du prototype de la solution. Après tout, il s'agit d'un processus de travail qui relève plus de l'exécution que de l'inventivité. Cela ouvre de nouvelles perspectives que nous continuons à explorer dans différents contextes, avec des interactions en face à face, en ligne, en synchrone et en asynchrone. Ainsi, les nouvelles versions de la méthode de conception utilisent tant des séances de travail de conception collaboratif

comme des séances de travail de conception coopératif en fonction de la nature de la tâche à réaliser dans chaque étape du processus de conception.

Annexes

Annexe A – Les prototypes (maquettes)

Groupe 1

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire « customisé » par l'élève selon ses besoins et ses préférences d'apprentissage avec des liens entre différents éléments du programme et qui soit capable d'informer les élèves des manifestations en lien avec la matière qu'ils étudient ?

Solution

L'idée proposée réside sur un dispositif alimenté par toutes les parties prenantes : les éditeurs, les professeurs, les élèves, les parents d'élèves et autres. La partie centrale du dispositif est la base de données qui se compose de 2 parties — la base de données validée par l'éditeur, et — la base de données à vérifier. Un manuel de base est créé par l'éditeur, puis chacune des autres parties prenantes alimente au fur et à mesure la base de données à vérifier. Ces données sont étudiées par l'éditeur qui choisit de les valider ou non après discussion ou non avec l'informateur et de les transférer dans la base vérifiée. Les données proviennent des professeurs, des élèves (travaux en cours, exposés...), des parents d'élèves, de bibliothèques, de musées, d'éditeurs de jeux vidéo, de sociétés, d'organismes de manifestations, de médias, etc. La base de données validée peut être utilisée par les élèves, mais aussi par les enseignants et les parents d'élèves. Ce système de validation a plusieurs niveaux pour faire du manuel, un manuel sur mesure : d'abord par l'éditeur qui prédéfinit un certain contenu ; ensuite par l'académie selon les musées, monuments historiques, etc. ; puis par l'administration du lycée qui ajoute des éléments (par exemple selon les options ou les clubs du lycée) ; puis par l'enseignant d'histoire qui pourrait choisir une certaine trame pour le manuel selon ses méthodes d'enseignement ; et enfin par l'élève selon ses supports d'apprentissage préférés et ses intérêts.

En ce qui concerne le support physique du manuel, dans chaque chapitre, le manuel s'appuie sur le visuel (textes, images), l'audio (audio et vidéo, avec l'option réalité virtuelle si

l'école dispose de casques), et le toucher (objets imprimés en 3). Il pourrait se regarder (textes, images), s'écouter (audio, vidéo avec l'option réalité virtuelle si l'école dispose de casques), se toucher (objets imprimés en 3D), se goûter et se sentir. L'élève peut personnaliser les sens pour adapter le contenu à ses besoins. Le manuel est accessible sur différents supports : smartphones, tablettes et ordinateurs. Les utilisateurs du manuel peuvent utiliser les puces GPS et NFC des téléphones portables pour alimenter la base de données à vérifier du dispositif avec des manifestations/lieux où ils sont allés en lien avec les chapitres et leçons, de cette façon l'enseignant peut suivre également qui a eu accès à quel contenu.

Ce dispositif sert aussi à transformer le manuel en un instrument pour réaliser des visites guidées de musées, endroits historiques, monuments et centres culturels géolocalisés. Le manuel est capable de faire le lien entre la visite guidée et le programme (les différentes leçons du manuel), il propose de faire le lien pas uniquement avec les leçons actuelles, mais aussi avec les leçons passées et à venir. Grâce à cette géolocalisation, le manuel est capable aussi de faire le lien entre les leçons d'histoire et les villes, les régions et même les pays du monde. De cette façon, le manuel propose pour dans chaque leçon des liens vers d'autres disciplines grâce à des liens intégrés dans les éléments de la leçon. Il propose des liens vers des ouvrages littéraires, picturaux, cinématographiques et autres.

À chaque fois que les élèves ouvrent le manuel, il propose 1 à 5 tâches/conseils/idées différentes selon l'analyse faite par le manuel sur le progrès fait par l'élève et selon les préférences de l'élève. De cette façon, le manuel devient un « promoteur » personnalisé pour l'élève.

Pour chaque leçon, des outils de réalisation de vidéos très simples sont mis à disposition des élèves, mais aussi des enseignants pour enregistrer une séance pour la réviser après ou pour la transmettre en direct aux élèves absents.

Dans chaque chapitre l'élève a la possibilité de voir sa progression. Pour chaque chapitre, le parcours de l'élève dans le manuel suit des éléments d'autoformation incontournables et des éléments choisis. Pour chaque chapitre, l'élève repère son positionnement dans les apprentissages sous forme d'un arbre (point bas : départ, point haut : objectifs à atteindre). Il peut matériellement se repérer à tout moment. Le parcours de l'élève doit suivre quelques

« portes » incontournables. On peut imaginer : – un score suffisant à un QCM — un commentaire de l'élève sur un élément du cours validé par l'enseignant - une production numérique individuelle ou collective validée par l'enseignant avant d'être proposée aux autres élèves (un exercice type identifié et résolu par exemple éventuellement sous forme de vidéo),... Au-delà des incontournables, l'élève pourra cheminer dans son « arbre des savoirs » en cueillant des éléments facultatifs proposés par l'éditeur dès la conception et/ou mis à disposition par d'autres élèves ou groupes de la classe et/ou de l'établissement. De cette façon, le manuel pourrait ainsi faciliter l'investissement des élèves par une « customisation » collaborative.

À la fin de chaque leçon, le manuel propose des outils d'autoévaluation avec des quiz et des éléments pour constituer des cartes mentales et/ou des fiches de synthèse en forme de jeux, avec la possibilité de les partager avec l'ensemble de la classe.

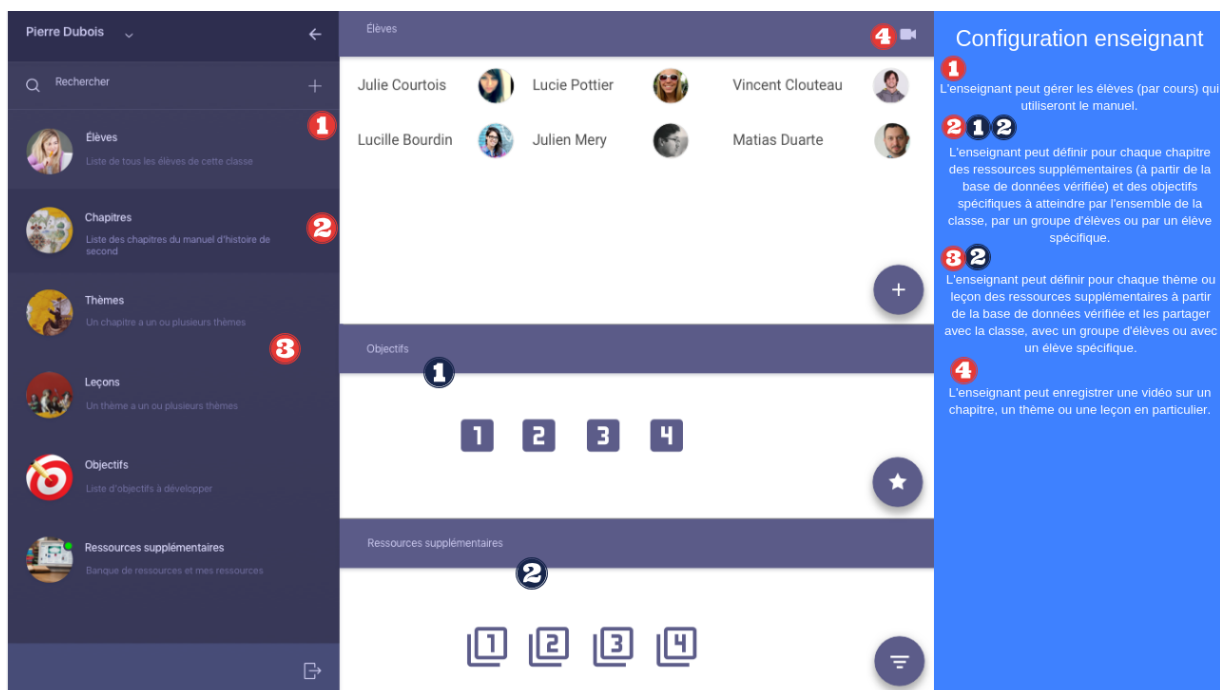
Pour rendre facile la communication entre le système de validation de contenu et le manuel en lui-même, le manuel dispose d'un tableau de bord pour résumer toutes les interactions entre l'élève, l'enseignant, la classe et les parents, il résume aussi les interactions entre l'élève et son manuel. Enfin, il résume le nouveau contenu, les nouvelles ressources et les endroits historiques et culturels dans la base de données validée. Pour alimenter le tableau de bord, le système cherche également des informations sur l'ENT.

Dans le tableau de bord, le manuel dispose des éléments pour être en lien avec deux espaces : la salle de classe et un espace privé hors salle de classe. De cette façon, pour chaque leçon il y a la possibilité d'accéder à un forum comme extension de la salle de classe, et la possibilité d'intégrer des applications externes utilisées par les élèves comme Facebook, Twitter ou WhatsApp pour les discussions hors salle de classe (groupes privés).

Il faut signaler que dans cette solution le manuel doit s'adapter aux pratiques de l'enseignant, les enrichissements proposés ci-dessus pourront être plus ou moins importants selon les pratiques pédagogiques mises en œuvre dans la classe. À ce sujet, il semble essentiel que le cadre imposé à l'enseignant pour enrichir le manuel par des contenus personnalisés soit le plus souple possible. En effet, bon nombre d'enseignants pourraient souhaiter dans un 1er temps utiliser partiellement leurs ressources existantes (QCM, vidéos, documents d'accompagnement). Ils doivent pouvoir les intégrer facilement, rentrer ainsi dans la

personnalisation de l'interface et, plus tard, s'appropriier des outils plus élaborés mis à disposition éventuellement par l'éditeur.

Maquette



- L'enseignant peut gérer les élèves (par cours) qui utiliseront le manuel.
- L'enseignant peut définir pour chaque chapitre des ressources supplémentaires (à partir de la base de données vérifiée) et des objectifs spécifiques à atteindre par l'ensemble de la classe, par un groupe d'élèves ou par un élève spécifique.
- L'enseignant peut définir pour chaque thème ou leçon des ressources supplémentaires à partir de la base de données vérifiée et les partager avec la classe, avec un groupe d'élèves ou avec un élève spécifique.
- L'enseignant peut enregistrer une vidéo sur un chapitre, un thème ou une leçon en particulier.

Chapitre et tableau de bord

- 1 Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- 2 1 2 Les objectifs définis par l'enseignant pour ce chapitre accompagnés des ressources supplémentaires pour tout le chapitre et une vidéo (si disponible) enregistrée par l'enseignant pour le chapitre.
- 3 L'accès aux thèmes du chapitre.
- 4 Le tableau de bord avec les contributions (photos, vidéos, lieux) du réseau de l'élève (enseignants et élèves) à la base de données à vérifier, avec la possibilité de faire "like" ou d'ajouter un commentaire à une ressource, ce tableau de bord est également connecté à Twitter, Facebook ou WhatsApp.
- 5 Si l'élève tap sur "Visite guidée" l'application va vérifier s'il y a disponible une visite guidée d'un musée ou d'un lieu historique ou culturel en lien avec le chapitre.
- 6 "Ajouter une ressource" permet à l'élève d'ajouter une ressource (une photo, une vidéo ou un lieu) à la base de données à vérifier en lien avec le chapitre.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Les objectifs définis par l'enseignant pour ce chapitre accompagné des ressources supplémentaires pour tout le chapitre et une vidéo (si disponible) enregistrée par l'enseignant pour le chapitre.
- L'accès aux thèmes du chapitre.
- Le tableau de bord avec les contributions (photos, vidéos, lieux) du réseau de l'élève (enseignants et élèves) à la base de données à vérifier, avec la possibilité de faire « like » ou d'ajouter un commentaire à une ressource, ce tableau de bord est également connecté à Twitter, Facebook ou WhatsApp.
- Si l'élève tap sur « Visite guidée » l'application va vérifier s'il y a disponible une visite guidée d'un musée ou d'un lieu historique ou culturel en lien avec le chapitre.
- « Ajouter une ressource » permet à l'élève d'ajouter une ressource (une photo, une vidéo ou un lieu) à la base de données à vérifier en lien avec le chapitre.

Thème du chapitre

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Contenu du manuel scolaire : texte, vidéo et audio.
- Dans le contenu, nous pouvons trouver également des objets en 3D de monuments, personnages et lieux.
- Ressources supplémentaires proposées par l'enseignante. Si disponible, une vidéo fait par l'enseignant sur le thème.
- Liens vers autres disciplines grâce à des liens intégrés dans les éléments de la leçon (ouvrages littéraires, picturaux, cinématographiques et autres).
- Le contenu peut se regarder (textes, images), s'écouter (audio, vidéo avec l'option réalité virtuelle si l'école dispose de casques) et se toucher (objets imprimés en 3D). L'élève peut personnaliser les sens pour adapter le contenu à ses besoins.
- Pour chaque thème, le manuel propose un système d'évaluation permettant à l'élève de créer une carte mentale, une fiche de synthèse, enregistrer une vidéo, enregistrer un audio ou imprimer les objets les plus importants du thème en 3D pour mieux les explorer.

Ressources supplémentaires du chapitre :

Vidéo de l'enseignant

Lien vers autres disciplines : Sens actives dans ce thème : Évaluation : Imprimer l'objet du thème en 3D

créer une carte mentale créer une fiche de synthèse Enregistrer une vidéo Enregistrer un audio

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Contenu du manuel scolaire : texte, vidéo et audio.
- Dans le contenu, nous pouvons trouver également des objets en 3D de monuments, personnages et lieux.
- Ressources supplémentaires proposées par l'enseignante. Si disponible, une vidéo fait par l'enseignant sur le thème.
- Liens vers autres disciplines grâce à des liens intégrés dans les éléments de la leçon (ouvrages littéraires, picturaux, cinématographiques et autres).
- Le contenu peut se regarder (textes, images), s'écouter (audio, vidéo avec l'option réalité virtuelle si l'école dispose de casques) et se toucher (objets imprimés en 3D). L'élève peut personnaliser les sens pour adapter le contenu à ses besoins.
- Pour chaque thème, le manuel propose un système d'évaluation permettant à l'élève de créer une carte mentale, une fiche de synthèse, enregistrer une vidéo, enregistrer un audio ou imprimer les objets les plus importants du thème en 3D pour mieux les explorer.

un audio ou imprimer le ou les objets les plus importants du thème en 3D pour mieux les explorer.

Groupe 2

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire non linéaire qui propose des QCM dynamiques à des moments clés du manuel et qui donne accès à partir de n'importe quel élément du manuel, à des photos, vidéos, audios, slideshares, sites web, etc.

Solution

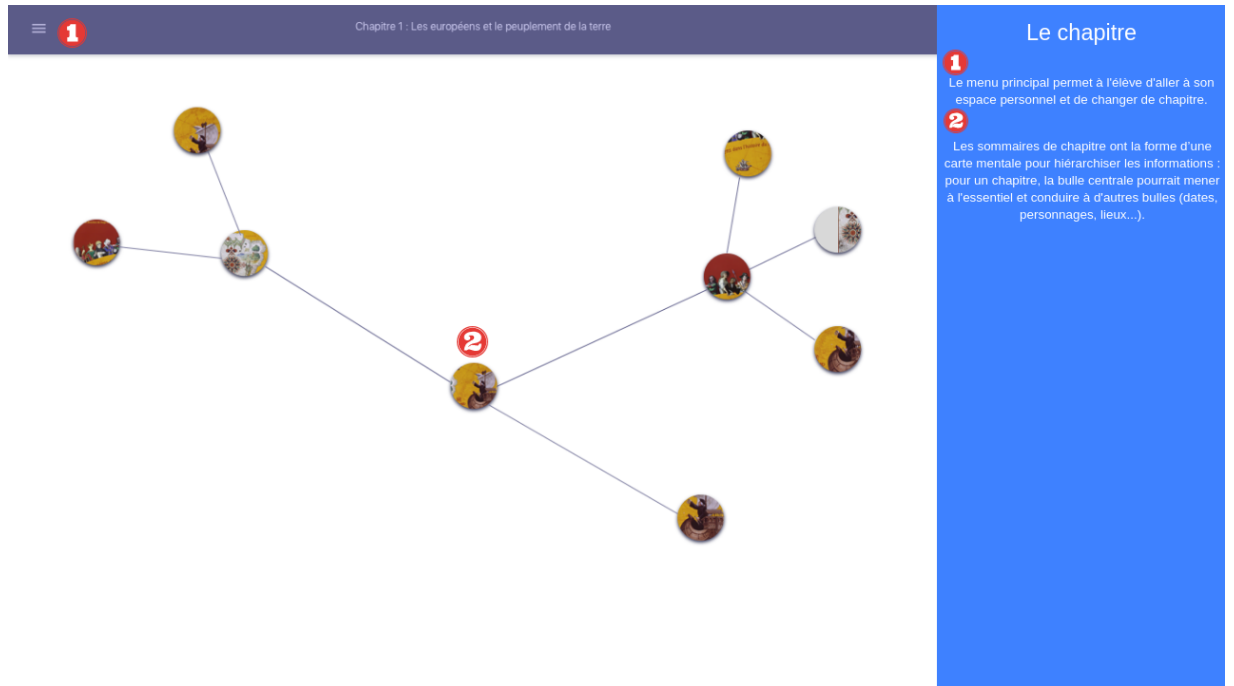
La solution proposée est composée de QCM lancés de n'importe quel élément du manuel, les QCM ont différents niveaux et donnent aux élèves la possibilité de commenter ses réponses. Les QCM conduisent également aux chapitres concernés, le but est de montrer aux élèves que la problématique choisie met en relation les termes du sujet. Dans les commentaires, les utilisateurs peuvent ajouter des contenus illustratifs sous forme de liens soumis à modération (la base de données, pour obtenir ces ressources, pourrait venir d'un partenariat avec des portails comme Eduthèque). Les QCM dynamiques donnent également aux élèves la possibilité de travailler ensemble grâce à l'intégration des services de partage de contenu en forme de liens. De cette façon, ils peuvent partager (individuellement ou en groupe) une frise chronologique, une carte mentale ou une fiche méthode, et après validation, le contenu peut être également intégré au manuel.

Pour créer les séances et les QCM dynamiques, un menu permet d'activer des ressources supplémentaires en lien avec la thématique et en adéquation avec le niveau. Les élèves iront « piocher » les documents nécessaires à la réalisation de la tâche finale. Certains préféreront travailler avec des audios, d'autres des vidéos... ils pourront également proposer d'autres ressources qu'ils utilisent.

Finalement, les sommaires de chapitre ont la forme d'une carte mentale pour hiérarchiser les informations : pour un chapitre, la bulle centrale pourrait mener à l'essentiel et conduire à d'autres bulles (dates, personnages, lieux...). Les sommaires de chapitre prennent également la forme de frise chronologique. La frise chronologique offrirait 2 niveaux de réponse : si l'époque

est « au programme » la frise renverrait vers le ou les chapitre(s) concerné(s) ; si l'époque n'est pas au programme, elle renverrait à une fiche synthétique (dates importantes, personnages...) ; idem pour la carte.

Maquette



- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Les sommaires de chapitre ont la forme d'une carte mentale pour hiérarchiser les informations : pour un chapitre, la bulle centrale pourrait mener à l'essentiel et conduire à d'autres bulles (dates, personnages, lieux...).

☰ **1** ← Thème 1 : Première thème du chapitre 1 du Manuel de Seconde →



1 2

1

2 1 2 3

3

1

2

1

2

3

1

2

3

1

2

3

1

2

3

1

2

3

1

2

3

1

2

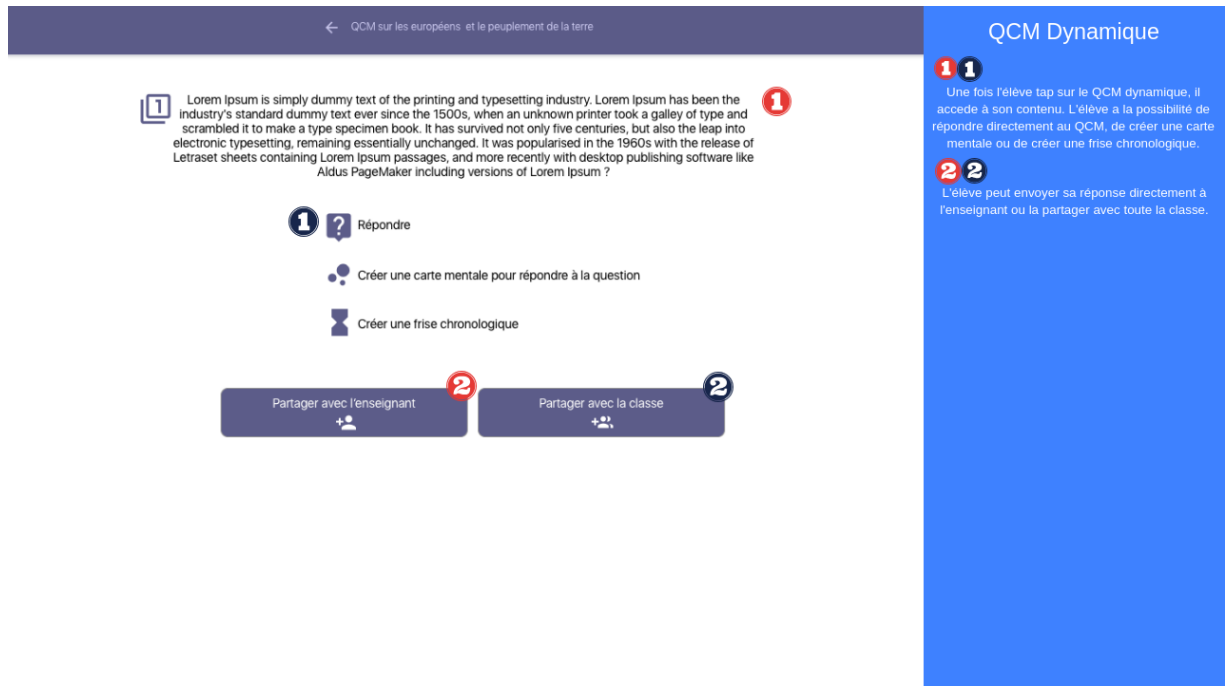
3

Le thème du chapitre

1
Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre ou de thème.

2 1 2 3
QCM lancés de n'importe quel élément du manuel, les QCM ont différents niveaux et donnent aux élèves la possibilité de commenter ses réponses.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre ou de thème.
- QCM lancés de n'importe quel élément du manuel, les QCM ont différents niveaux et donnent aux élèves la possibilité de commenter ses réponses.



- Une fois l'élève « tap » sur le QCM dynamique, il accède à son contenu. L'élève a la possibilité de répondre directement au QCM, de créer une carte mentale ou de créer une frise chronologique.
- L'élève peut envoyer sa réponse directement à l'enseignant ou la partager avec toute la classe.

Groupe 3

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire qui s'adapte aux profils d'apprentissage avec des ressources adaptables aux élèves à besoins particuliers et qui permet à l'élève de suivre l'avancement de son travail dans son manuel, en lui permettant également d'annoter et d'écrire des commentaires sur son manuel ?

Solution

La solution proposée est un « beau livre » en format papier d'histoire, contenant un cours complet et des illustrations de qualité, ce livre est doté de plusieurs « pages numériques », lesquelles sont connectées à un supplément numérique, lui permettant de télécharger en

mémoire vive des ressources supplémentaires (en réalité augmentée, de projections 3D, frises chronologiques permettant de situer chaque événement, cartes animées permettant de situer chaque lieu). Cette « page numérique » dispose également d'un espace collaboratif pour échanger des résumés de chaque chapitre entre les élèves. Cet outil permet à chaque élève de construire le résumé de la leçon de différentes manières : il permet de dessiner, de construire des cartes mentales ou d'écrire (prise de notes). Il dispose également d'un bouton qui permet à partir d'un tableau de données statistiques de créer rapidement une exploitation en forme de graphique. Les pages numériques permettent également de répondre à des questions et d'obtenir les réponses pour une correction pas à pas avec gestion d'erreurs. Les enseignants ont la possibilité de télécharger en version PDF les « pages numériques ».

Une caractéristique importante du manuel est le lien qu'il crée avec le programme. Avant de commencer chaque chapitre, le manuel montre la partie du programme destinée à ce chapitre, ainsi que ses attentes spécifiques, le complément numérique de cette partie permet de mettre à jour automatiquement le programme et ses attentes.

En ce qui concerne la structure des pages numériques du manuel, chaque page permet d'avoir à disposition différents éléments (en lien avec les besoins de chaque chapitre) comme par exemple :

1. Acquisitions : ressources contextuelles disponibles (documents complémentaires, cartes, graphiques, tableaux, vidéos, photos, images, outils d'aide à la mémorisation, outils de création de cartes mentales).
2. Applications : illustrations disponibles, à quoi sert le savoir acquis, qu'a-t-il permis, comment est né ce savoir, expériences à rendre disponibles par accès à des logiciels ou sites externes d'exercices.
3. Évaluations : Exercices disponibles (quiz, mots croisés, photos à identifier, contextes à identifier, exercices, problèmes, énigmes, jeux mettant en pratique les connaissances).

Chaque page numérique permet aussi d'avoir sous les yeux toutes les connaissances du manuel :

À gauche de la page :

- Prérequis : compétences ou niveau nécessaire(s) pour aborder le manuel.
- La table des matières au format classique que l'on peut étendre ou condenser.
- Les attentes du programme.
- Les chapitres ou sous-chapitres lus sont identifiables pour savoir où on en est (grisés, colorés, symbole...). Le chapitre ou niveau de chapitre correspondant à la page courante affichée est toujours visible.

Bandeau de haut de page :

- Donne le chemin de navigation et permet de retourner par un clic à n'importe quel niveau de la navigation. La barre de menu en haut de page permet de magnifier le texte ou le lire à voix haute pour compenser les handicaps divers, surligner, ajouter un commentaire (signalé dans le texte par une icône) et visible en cliquant sur l'icône, faire une recherche intra ou extra manuel, affichage des commentaires contextuels, impression intelligente, sauvegarde

Bandeau de bas de page :

- Sortie — profil personnel — historique de navigation — plan de travail.

Un simple clic sur un mot doit permettre d'accéder à un dictionnaire donnant sa définition (ou sa traduction, synonyme, antonyme, étymologie...). Les pages numériques permettent aussi d'adapter certains contenus aux élèves à besoins particuliers.

Finalement, chaque « page numérique » est connectée à un espace personnel disponible tout au long de la vie qui permet à toutes les personnes de suivre le progrès de son apprentissage. Ce dispositif est un complément du manuel et est connectable à tout ENT. Cet espace se présente sous forme de monde, dans ce monde l'apprenant est le personnage principal, il grandit, évolue et gagne en savoirs, compétences et expériences. Chaque apprenant peut personnaliser son profil, mais certaines de ses composantes sont automatiquement mises à jour comme ses acquisitions, applications, examens ou diplômes, en plus, l'apprenant peut utiliser ce dispositif pour créer un CV complètement modulable.

Maquette



Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged. It was popularised in the 1960s with the release of Letraset sheets containing Lorem Ipsum passages, and more recently with desktop publishing software like Aldus PageMaker including versions of Lorem Ipsum.

Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged.

Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged. It was popularised in the 1960s with the release of Letraset sheets containing Lorem Ipsum passages, and more recently with desktop publishing software like Aldus PageMaker including versions of Lorem Ipsum.



Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged. It was popularised in the 1960s with the release of Letraset sheets containing Lorem Ipsum passages, and more recently with desktop publishing software like Aldus PageMaker including versions of Lorem Ipsum.



Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged. It was popularised in the 1960s with the release of Letraset sheets containing Lorem Ipsum passages, and more recently with desktop publishing software like Aldus PageMaker including versions of Lorem Ipsum.

Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type and scrambled it to make a type specimen book. It has survived not only five centuries, but also the leap into electronic typesetting, remaining essentially unchanged. It was popularised in the 1960s with the release of Letraset sheets containing Lorem Ipsum passages, and more recently with desktop publishing software like Aldus PageMaker including versions of Lorem Ipsum.



Manuel papier

Un « beau livre » en format papier d'histoire, contenant un cours complet et des illustrations de qualité, ce livre est doté de plusieurs « pages numériques », lesquelles sont connectées à un supplément numérique, lui permettant de télécharger en mémoire vive des ressources supplémentaires (en réalité augmentée, de projections 3D, frises chronologiques permettant de situer chaque événement, cartes animées permettant de situer chaque lieu).

L'élève peut scanner la page papier avec son support numérique (RFC ou Bluetooth) pour accéder à la page numérique.

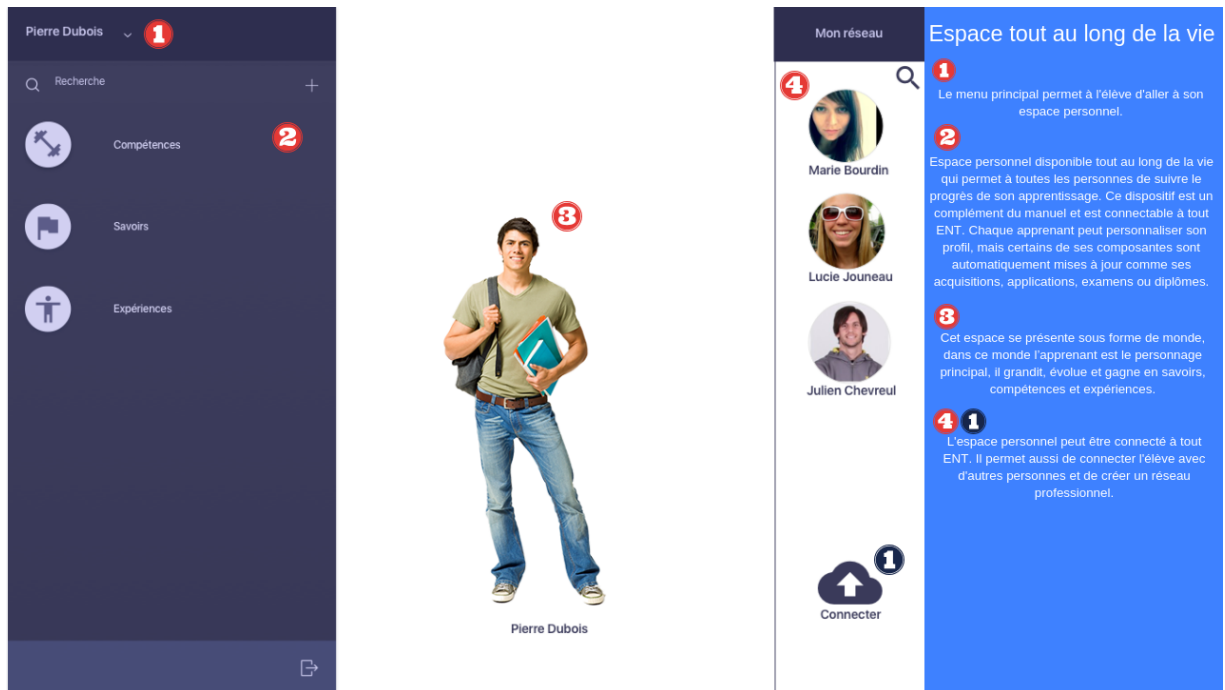
- Un « beau livre » en format papier d'histoire, contenant un cours complet et des illustrations de qualité, ce livre est doté de plusieurs « pages numériques », lesquelles sont connectées à un supplément numérique, lui permettant de télécharger en mémoire vive des ressources supplémentaires (en réalité augmentée, de projections 3D, frises chronologiques permettant de situer chaque événement, cartes animées permettant de situer chaque lieu).
- L'élève peut scanner la page papier avec son support numérique (RFC ou Bluetooth) pour accéder à la page numérique.

The screenshot shows a digital manual interface. At the top, a navigation bar (1) contains a hamburger menu, the page title 'Première thème du chapitre 1 du Manuel de Seconde', and icons for search, user profile, and other functions (2). Below this, a sidebar (3, 4) lists menu items: 'Contenu' (Videos, timelines, 3D objects), 'Compétences' (Skills to develop), 'Table de matières' (Table of contents), and 'Atteintes du programme' (Program expectations). The main content area (5) features a 3D model of the Colosseum and a historical map. A bottom toolbar (6, 7) includes icons for 'Synthèse et évaluation', 'créer une carte mentale', 'Faire un dessin', 'Ecrire un texte', and 'Créer un graphique'. On the right, a blue sidebar (8) titled 'page numérique' provides numbered annotations (1-7) explaining the interface's features.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- La barre de menu permet de magnifier le texte ou le lire à voix haute pour compenser les handicaps divers, surligner, ajouter un commentaire (signalé dans le texte par une icône) et visible en cliquant sur l'icône, faire une recherche intra ou extra manuel et l'affichage des commentaires contextuels.
- Navigation : chapitres, thèmes, leçons.
- Le manuel montre la partie du programme destinée à ce chapitre, ainsi que ses attentes spécifiques, cette partie donne accès également aux compétences liées au chapitre, ainsi qu'à la table de matières. Le complément numérique de cette partie permet de mettre à jour automatiquement le programme et ses attentes.
- Contenu supplémentaire au manuel papier : Un simple clic sur un mot doit permettre d'accéder à un dictionnaire donnant sa définition, cette partie est composée de vidéos, frises chronologiques, cartes animées et objets 3D.
- Évaluation : exercices disponibles (quiz, mots croisés, photos à identifier, contextes à identifier, exercices, problèmes, énigmes, jeux mettant en pratique

les connaissances). Il dispose également d'un bouton qui permet à partir d'un tableau de données statistiques de créer rapidement une exploitation en forme de graphique.

- Espace d'apprentissage tout au long de la vie.



- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel.
- Espace personnel disponible tout au long de la vie qui permet à toutes les personnes de suivre le progrès de son apprentissage. Ce dispositif est un complément du manuel et est connectable à tout ENT. Chaque apprenant peut personnaliser son profil, mais certaines de ses composantes sont automatiquement mises à jour comme ses acquisitions, applications, examens ou diplômes.
- Cet espace se présente sous forme de monde, dans ce monde l'apprenant est le personnage principal, il grandit, évolue et gagne en savoirs, compétences et expériences.
- L'espace personnel peut être connecté à tout ENT. Il permet aussi de connecter l'élève avec d'autres personnes et de créer un réseau professionnel.

Groupe 4

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire pour permettre l'accès à différents types de sources multimédia, en prenant en compte la diversité des élèves et en rendant accessibles les données (vocalisation, transcription, élèves dyslexiques ou daltoniens), pour faire du manuel, un manuel scolaire qui soit différent pour chaque élève ?

Solution

La solution proposée part d'un « espace numérique proximal de développement » pour aider les élèves (surtout les élèves en difficulté) à se reconnaître dans un niveau de maîtrise supérieur pour les encourager à approfondir leurs connaissances, pour suivre et explorer différents espaces de niveau. Avant chaque chapitre le manuel permet à l'enseignant de définir les compétences et objectifs individuels à développer pour ce chapitre en définissant les différents niveaux de maîtrise à partir d'une base de contenus et de ressources ponctuelles et granulaires « collectives » que l'enseignant peut enrichir.

Pour chaque niveau, le manuel permet à l'enseignant de sélectionner au mieux les ressources et les activités les plus adaptées en fonction des besoins d'apprentissages de chaque élève. Le choix de ces activités est mis en relation avec l'acquisition de certaines compétences. L'enseignant se retrouve ainsi dans la position de guide ou médiateur devant faire les meilleurs choix de ressources/activités pour faire progresser ses élèves. Pour cela, le manuel propose différents types d'activités par chapitre :

- Pour « mémoriser » : « jeux de cartes » type flashcards et memory.
- Pour « organiser » : « ordonner » et « classer ».
- Une frise chronologique pour « ordonner » des événements représentés par des « étiquettes » (textes/images/sons).
- Compléter une « carte muette » : consiste à « associer » une « étiquette » à une « étiquette/catégorie ».

- Sélectionner avec un montage vidéo simple le meilleur passage d'un discours pour répondre à une question.
- Faire créer des QCM par l'élève à soumettre à l'enseignant qui peut ensuite les redistribuer aux autres élèves.
- Créer des vidéos de synthèse avec un logiciel très simple comme adobe spark pour partager avec la classe et les faire valider.

Ces ressources et activités sont paramétrables selon le profil de chaque élève. Les paramètres permettraient de choisir parmi un panel d'adaptations possibles. Les paramètres portent sur les adaptations :

- Liées à tous types de handicaps (exemples : adaptation de la typographie et de la mise en page pour les dys, commande vocale et synthèse vocale pour handicap moteur, vocalisation pour handicap auditif, contrastes adaptés et légendes adaptées pour le daltonisme, etc.)
- Liées aux différents canaux de mémorisation [« intelligences », « visuelles », « auditives »] : des cours accessibles à la fois de manière textuelle que de manière schématique, sous forme de capsules vidéos ou de carte mentales. De cette façon, l'enseignant propose à l'élève différentes activités ou jeux qui permettraient de lui définir son profil et des orientations de paramétrages.

À la fin de chaque chapitre et à partir de la base de ressources « collectives », l'enseignant peut proposer aux élèves différentes études de cas (une étude de cas différente par groupe par exemple) en lien avec le chapitre. À partir de chaque étude de cas, les élèves disposent d'un outil qui leur permet de créer un hologramme (une image qu'ils vont choisir et qui deviendra un hologramme) associé à une synthèse de l'étude de cas, l'hologramme est en charge de « réciter » la synthèse pour les autres élèves de la classe. Cet outil permet aussi aux élèves de créer une liste de questions à laquelle d'autres élèves de la classe doivent répondre.

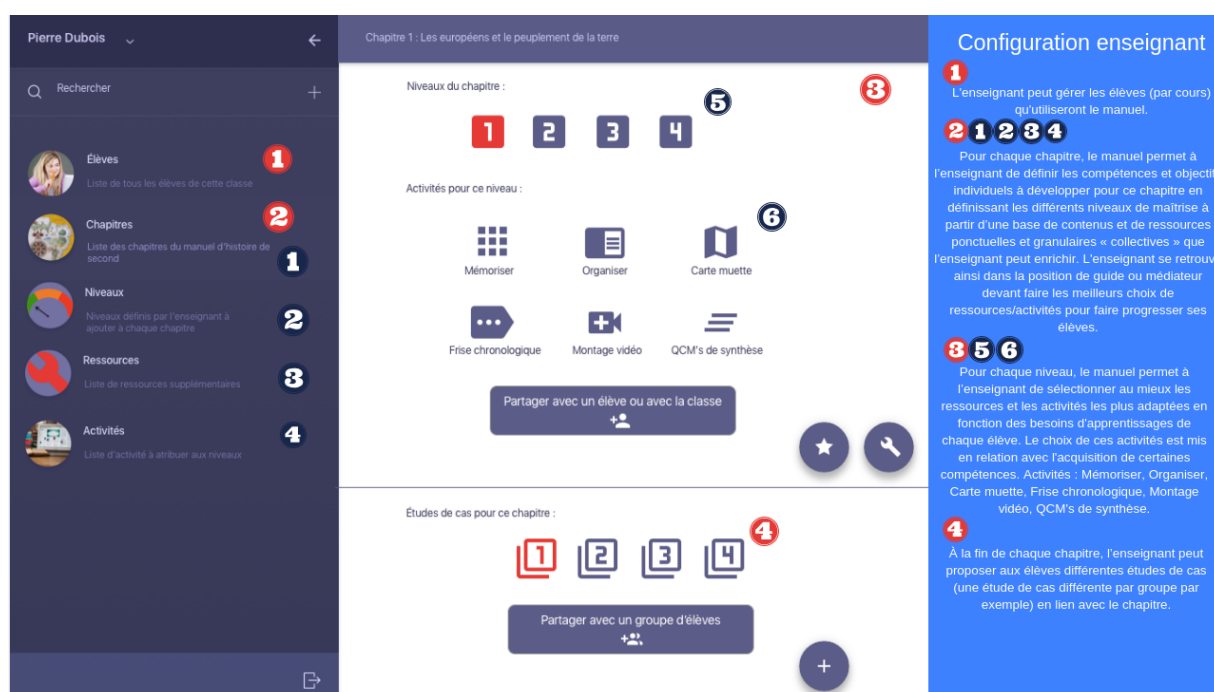
En ce qui concerne le support, la solution est une rencontre entre le cahier de prises de notes et le manuel scolaire pour s'appropriier les connaissances, en permettant aux élèves en fonction de leur « préférence » d'écrire, de surligner des textes, de repérer des extraits de vidéos,

de créer des cartes mentales, de s'enregistrer en audio, d'ajouter un « lien hypermédia » qui va faciliter une « mise en réseau » personnelle des informations, d'ajouter un (ou des) tag(s) qui lui permet de « classer » à sa manière cette information pour la récupérer si besoin.

L'autre aspect important concernant le support est l'interface, elle peut s'adapter à un public aussi large que possible. L'interface permet de « vocaliser » un texte, de donner une description vocale d'une image fixe ou d'une animation. Elle permet également d'obtenir une transcription d'un document audio, ou de la bande-son d'un document vidéo. Un bouton permet aussi de disposer de fonctionnalités d'import/export des ressources vers des dispositifs « externes » spécialisés dans la prise en charge du handicap.

Le dernier aspect important, est que la solution ne dépend pas d'Internet, par exemple, au lieu de photocopies « massives » le manuel a une forme de « publipostage » personnalisé pour l'aspect « texte/image ». Pour les données multimédias, le manuel dispose de capsules « exportables » au sein de l'établissement.

Maquette



- L'enseignant peut gérer les élèves (par cours) qu'utiliseront le manuel.

- Pour chaque chapitre, le manuel permet à l'enseignant de définir les compétences et objectifs individuels à développer pour ce chapitre en définissant les différents niveaux de maîtrise à partir d'une base de contenus et de ressources ponctuelles et granulaires « collectives » que l'enseignant peut enrichir. L'enseignant se retrouve ainsi dans la position de guide ou médiateur devant faire les meilleurs choix de ressources/activités pour faire progresser ses élèves.
- Pour chaque niveau, le manuel permet à l'enseignant de sélectionner au mieux les ressources et les activités les plus adaptées en fonction des besoins d'apprentissages de chaque élève. Le choix de ces activités est mis en relation avec l'acquisition de certaines compétences. Activités : Mémoriser, Organiser, Carte muette, Frise chronologique, Montage vidéo, QCM's de synthèse.
- À la fin de chaque chapitre, l'enseignant peut proposer aux élèves différentes études de cas (une étude de cas différente par groupe par exemple) en lien avec le chapitre.

The screenshot shows a digital learning interface for a chapter. The interface is divided into several sections:

- Top Navigation:** A home icon (1) and a chapter title "Thème 1 : Première thème du chapitre 1 du Manuel de Seconde".
- Main Content Area:** A video player (3) and text (2) with a play button icon.
- Right Sidebar:** A "Thème du chapitre" section (6) and a "Vos niveaux" section (6) with a vertical list of levels 1-6.
- Bottom Section:** "Ressources supplémentaires" (4) and "Activités pour ce niveau" (5) including icons for "Frise chronologique", "Montage vidéo", and "QCM's de synthèse".
- Bottom Navigation:** A "Choisir un étude de cas" button (7).

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.

- L'élève peut ajouter dans n'importe quel endroit de la page un audio, une note, un lieu ou une carte mentale. De cette façon la page est adaptée à tous types de handicaps et aux différents canaux de mémorisation.
- Contenu multimédia : la solution est une rencontre entre le cahier de prises de notes et le manuel scolaire pour s'approprier les connaissances.
- Ressources supplémentaires proposées pour l'enseignant pour ce niveau (personnalisées pour un élève, un groupe d'élèves ou pour toute la classe).
- Activités proposées par l'enseignant pour ce niveau : mémoriser, organiser, carte muette, frise chronologique, montage vidéo, QCM's de synthèse.
- Les niveaux proposés par l'enseignant (niveaux terminés, le niveau actuel et les niveaux à compléter). Les niveaux sont personnalisés pour un élève, un groupe d'élèves ou pour toute la classe.
- Une fois l'élève complète les différents niveaux proposés, il peut accéder à la partie « études de cas » où il pourra choisir de travailler avec une étude de cas pour être évalué.

1 Choisissez un étude de cas :

2 Choisissez un hologramme en lien avec votre étude de cas :

3 Enregistrez la synthèse à réciter par votre hologramme :

4 Redigez les questions à répondre par vos camarades :

6 Partager avec mes camarades

Les études de cas

1 Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.

2 L'élève (ou son groupe) vont choisir une des études de cas proposés par l'enseignant.

3 En lien avec l'étude de cas choisi, l'élève (ou son groupe) va choisir un personnage (un monument ou un lieu) du chapitre pour le convertir un hologramme.

4 L'élève (ou son groupe) va préparer et enregistrer (audio) une synthèse que l'hologramme choisi doit réciter.

5 Finalement, l'élève (ou son groupe) va rédiger une liste de questions en lien avec la synthèse que son hologramme doit réciter.

6 L'hologramme et la synthèse, avec la liste de questions seront partagées à un autre élève (ou groupe d'élèves), qu'à son tour vont répondre aux questions posées.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- L'élève (ou son groupe) vont choisir une des études de cas proposés par l'enseignant.
- En lien avec l'étude de cas choisi, l'élève (ou son groupe) va choisir un personnage (un monument ou un lieu) du chapitre pour le convertir un hologramme.
- L'élève (ou son groupe) va préparer et enregistrer (audio) une synthèse que l'hologramme choisi doit réciter.
- Finalement, l'élève (ou son groupe) va rédiger une liste de questions en lien avec la synthèse que son hologramme doit réciter.
- L'hologramme et la synthèse, avec la liste de questions seront partagées à un autre élève (ou groupe d'élèves), qu'à son tour vont répondre aux questions posées.

Groupe 5

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire pour éviter la déperdition et l'éparpillement (supports/activités dans le manuel ou l'ENT, trace écrite/productions dans le cahier) en permettant aux utilisateurs de travailler en réseau, de participer à des challenges, et de déposer des ressources nouvelles pour augmenter la base de données ?

Solution

La solution proposée repose sur la constitution d'une base de données personnalisée. Cette base de données est alimentée par les éditeurs et aussi par les enseignants (avec leurs propres ressources). Il est possible de moduler les autorisations d'accès des élèves, par exemple pour avoir des documents utilisables en évaluation. Les élèves peuvent poser leurs questions sur les documents qu'ils peuvent consulter. Les éditeurs et les enseignants peuvent aussi ajouter des explications, des commentaires critiques et des références aux documents. De cette façon, le manuel est accompagné d'explications reliant les documents à leur contexte, de critiques des limites des documents et de références vers des sources, des livres ou des films sur le sujet, pour que les élèves puissent approfondir leur réflexion sur les documents. C'est un moyen de cultiver l'esprit critique et scientifique. Les mots compliqués des documents peuvent aussi être liés à une définition (pour éviter le plus possible la pratique actuelle des documents traduits en français simplifié). Les élèves peuvent poser leurs questions ou leurs remarques sur les documents qui leur sont présentés.

Les élèves et les professeurs peuvent poser leurs propres questions à chaque document et y répondre, donnant aux professeurs la possibilité de modifier l'ordre des documents et leurs questions pour les adapter (y compris automatiquement) aux documents de leurs propres cours. Les élèves ont la possibilité de poser leurs questions et de répondre à celles du professeur. Les élèves pourraient alors réaliser la synthèse de leurs études de documents et construire leurs textes en menant un travail de mise en relation des divers éléments étudiés pour construire leurs connaissances sur le sujet. De cette façon, la prise de notes par l'élève est centralisée dans le manuel en ajoutant de l'interactivité avec les autres camarades de la classe, intégrant la lecture/écriture dans un seul support, incitant ainsi l'élève à rouvrir le manuel pour retrouver ses

notes, la synthèse et du coup revoir les documents, les recherches, qui ne sont généralement pas repris à la maison.

Une caractéristique importante est qu'en survolant ou en cliquant sur chaque document (texte, carte, iconographie...), un apport est fait sous des formes variées et complémentaires : une lecture oralisée pour un texte, une présentation documentaire d'une iconographie, une analyse rapide des apports d'une carte, une présentation de son intérêt historique pour un autre document, un « Le saviez-vous ? » pour un autre, des questions pour guider l'observation pour une œuvre d'art... L'objectif étant à la fois de susciter la curiosité et l'intérêt des élèves, de leur permettre d'accéder au sens des différents documents et de travailler la méthodologie.

Comme l'éparpillement naît aussi de la difficulté à classer les idées apportées par les documents, le manuel permet également de classer plus facilement les commentaires apportés aux documents en montrant s'ils sont politiques, sociaux ou culturels ou s'ils montrent des faits, des actions collectives ou individuelles, des opinions ou des analyses.

Il y a trois moyens d'exploiter les doc en classe : 1) une édition papier comporte les documents « bruts » de base (textes ou images dépourvus d'un questionnaire) 2) une fonction édition permet d'imprimer facilement les pages personnalisées du manuel numérique 3) accès numérique (BYOD / classe mobile/vidéoproj).

En ce qui concerne la structure du manuel, elle n'a pas la forme traditionnelle du livre avec des pages à feuilleter, au lieu d'avoir une succession de pages, elle se rapproche d'un objet numérique mouvant, modulable et adaptable qui réside sur la structure d'une carte mentale pour naviguer dans le manuel. L'organisation de chaque page est proche de celle des manuscrits médiévaux, avec des gloses et des commentaires possibles.

À partir d'un premier document source, le manuel propose différentes entrées visuelles et sonores pour accéder à l'évolution du document. Il s'agit d'un document source multimodal : image, texte, son. À partir de ce document, les élèves peuvent cliquer en différents points et accéder à différentes couches du document :

- Du brouillon au document fini.
- Du texte qui découvre peu à peu ses profondeurs.

- Des images fixes qui se mélangent, voire se brouillent.
- Des sons qui proposent différentes étapes : une atmosphère, des voix, des musiques, des sons indistincts.

L'idée est de montrer aux élèves qu'apprendre suppose de comparer, d'associer et de distinguer. Mais aussi qu'un document peut être trafiqué, déformé. C'est un moyen pour apprendre à comprendre la fonction du document et les dangers de la désinformation.

Chaque document est associé à un pad pour permettre une écriture collaborative entre pairs. À partir de chaque document multimodal, nous trouvons un pad qui permet aux élèves :

- D'écrire et d'élaborer collectivement leur savoir.
- D'échanger, de s'interpeler, de s'interroger et de confronter leurs questions, erreurs, idées.

Comme le document multimodal montre plusieurs couches, les élèves élaboreraient aussi leur texte par couches de réécriture. Ainsi, le pad intègre également d'autres modes d'expression que du texte : sons, images, vidéos. Le pad permet aussi aux élèves de rechercher de l'information complémentaire, sous la forme d'un challenge d'écriture par groupe. De cette façon, le pad propose une activité de rédaction dans laquelle les élèves auraient la tâche de répondre à une question assez ouverte sur la période ou la notion à l'étude. Ils devraient rechercher de l'information complémentaire à celle fournie dans le manuel et rédiger le résultat de ces recherches. On pourrait imaginer que le « cadre » numérique de rédaction aurait une base de mots-clés enregistrée et afficherait le pourcentage de mots-clés atteints, incitant ainsi les élèves à se compléter les uns les autres pour réussir le challenge.

Maquette

The screenshot displays a digital textbook page with a blue header and a sidebar. The main content area features a grid of text blocks and images, each with a red circular icon (1-4) indicating specific features. The sidebar, titled 'Configuration enseignant', lists four numbered options: 1. Access to the main menu, 2. Printing and projection options, 3. Adding annotations and references, and 4. Sharing comments with the class. A 'Partager' button is visible at the bottom of the main content area.

- Accès au menu principal de l'enseignant.
- Une fonction édition permet d'imprimer facilement les pages personnalisées du manuel numérique, cette option permet aussi de projeter le manuel et ses commentaires.
- Les éditeurs et les enseignants peuvent aussi ajouter des explications, des commentaires critiques et des références aux documents. De cette façon, le manuel est accompagné d'explications reliant les documents à leur contexte, de critiques des limites des documents et de références vers des sources, des livres ou des films sur le sujet, pour que les élèves puissent approfondir leur réflexion sur les documents. Les élèves ont la possibilité de poser leurs questions et de répondre à celles du professeur.
- L'enseignant peut partager ses commentaires et informations supplémentaires avec toute la classe (il peut également répondre à un élève en particulier).

☰ **1** Tables de matières - Chapitres, thèmes et leçons

Navigation du manuel

1
Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.

2
Pour naviguer dans le manuel, la structure a la forme d'une carte mentale, en se rapprochant à un objet numérique mouvant, modulable et adaptable.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Pour naviguer dans le manuel, la structure a la forme d'une carte mentale, en se rapprochant à un objet numérique mouvant, modulable et adaptable.

1 Le thème du chapitre

1 Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.

2 Option (pour l'élève) pour imprimer ou projeter le manuel.

3 Une caractéristique importante est qu'en survolant ou en cliquant sur chaque document (texte, carte, iconographie...), un apport est fait sous des formes variées et complémentaires : une lecture oralisée pour un texte, une présentation documentaire d'une iconographie, une analyse rapide des apports d'une carte, une présentation de son intérêt historique pour un autre document, un « Le saviez-vous ? » pour un autre, des questions pour guider l'observation pour une œuvre d'art. L'organisation de chaque page est proche de celle des manuscrits médiévaux, avec des gloses et des commentaires possibles.

4 Les élèves ont la possibilité de poser leurs questions et de répondre à celles du professeur. Les élèves pourraient alors réaliser la synthèse de leurs études de documents et construire leurs textes en menant un travail de mise en relation des divers éléments étudiés pour construire leurs connaissances sur le sujet.

5 Chaque document a associé un pad pour permettre une écriture collaborative entre pairs. À partir de chaque document multimodal, nous trouvons un pad qui permet aux élèves : d'écrire et d'élaborer collectivement leur savoir. Il permet aussi d'échanger, de s'interpeler, de s'interroger et de confronter leurs questions, erreurs, idées.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Option (pour l'élève) pour imprimer ou projeter le manuel.
- Une caractéristique importante est qu'en survolant ou en cliquant sur chaque document (texte, carte, iconographie...), un apport est fait sous des formes variées et complémentaires : une lecture oralisée pour un texte, une présentation documentaire d'une iconographie, une analyse rapide des apports d'une carte, une présentation de son intérêt historique pour un autre document, un « Le saviez-vous ? », des questions pour guider l'observation pour une œuvre d'art. L'organisation de chaque page est proche de celle des manuscrits médiévaux, avec des gloses et des commentaires possibles.
- Les élèves ont la possibilité de poser leurs questions et de répondre à celles du professeur. Les élèves pourraient alors réaliser la synthèse de leurs études de documents et construire leurs textes en menant un travail de mise en relation des divers éléments étudiés pour construire leurs connaissances sur le sujet.

- Chaque document a associé un pad pour permettre une écriture collaborative entre pairs. À partir de chaque document multimodal, nous trouvons un pad qui permet aux élèves : d'écrire et d'élaborer collectivement leur savoir. Il permet aussi d'échanger, de s'interpeler, de s'interroger et de confronter leurs questions, erreurs, idées.

Groupe 6

Challenge

Comment pourrions-nous concevoir un manuel scolaire pour éveiller la curiosité et l'intérêt en diversifiant les sources, en le rendant plus attractif et interactif, et en proposant aux élèves divers parcours en fonction des difficultés des élèves, avec objectifs clairs au départ et arrivée et en leur rendant autonomes et responsables ?

Solution

La solution proposée réside dans un système de flash codes intégrés à un wiki de la classe proposés par le manuel et accessibles via un smartphone ou une tablette. L'élève peut également créer ses propres flash codes conduisant vers d'autres documents en ligne issus de ses propres recherches. On peut également y associer de la réalité virtuelle à l'aide de vidéos ou de photos issues d'une sortie pédagogique. Les flash codes utilisent des sources multimédias de différentes sources comme images en 3D provenant de Google Maps ou de Open Street Maps.

Ce système propose diverses interfaces, permettant aux élèves ayant des difficultés cognitives d'avoir plusieurs entrées possibles (enregistrement de la voix, enregistrement vidéo, clavier, stylet sur écran tactile pour une écriture manuelle) et pour les élèves ayant des difficultés de mémorisation d'avoir la possibilité de disposer d'un espace de saisie et d'un espace de visualisation en disposant d'un double espace (ou double écran).

Le manuel est également un portfolio partageable qui contient tous les documents de travail de l'élève (disponibles hors ligne), qu'il peut mettre à la disposition de ses enseignants s'il le souhaite. Des travaux en groupe d'élèves selon des thématiques sont possibles.

En ce qui concerne les ressources et la structure du manuel, il contient des ressources sur divers supports (texte, audio, vidéo) avec des mises à jour des ressources permanentes via un serveur. Selon ses besoins (travail spécifique, exposés, etc.), l'élève peut charger de nouvelles ressources (institutionnelles ou Internet).

La structure de chaque thème est basée sur un système qui propose différents parcours, la difficulté de chaque parcours est adaptée aux élèves en leur proposant des images, des vidéos, des textes, avec des questionnaires et des activités de différents niveaux (pas à pas ; semi-guidé ; autonomie). Le parcours permet également à l'élève d'aller plus loin, par exemple, si l'élève choisit le parcours « pas à pas » (le parcours le plus simple), le système propose des prolongements vers le parcours semi-guidé quand l'élève termine son parcours initial. Le système garde aussi en mémoire les parcours suivis et propose à chaque leçon un niveau adapté + une proposition pour accéder au niveau « supérieur ».

Maquette

La maquette illustre l'interface de configuration des parcours pour un chapitre. À gauche, une barre latérale permet de naviguer entre 'Elèves', 'Chapitres' et 'Niveaux'. La zone centrale propose de choisir un parcours parmi trois options : 'Parcours guidé', 'Parcours semi guidé' et 'Parcours en autonomie'. Chaque option est représentée par un diagramme à trois niveaux (1, 2, 3) et un bouton de validation. À droite, une barre bleue intitulée 'Configuration enseignant' contient quatre points d'information numérotés (1 à 4) expliquant les fonctionnalités de gestion des élèves, d'accès aux chapitres, de définition des parcours par défaut et de définition de parcours personnalisés.

- L'enseignant peut gérer les élèves (par cours) qui utiliseront le manuel.
- Accéder aux chapitres du manuel pour ajouter des parcours personnalisés.

- L'enseignant peut définir des parcours par défaut qu'après il peut ajouter à un ou plusieurs chapitres.
- L'enseignant peut définir différents parcours, la difficulté de chaque parcours est adaptée aux élèves en leur proposant des images, des vidéos, des textes, avec des questionnaires et des activités de différents niveaux (pas à pas ; semi-guidé ; autonomie). Il est possible de partager un parcours avec un ou plusieurs élèves ou avec toute la classe.

The screenshot displays a digital learning interface titled "Thème 1 - Première thème du chapitre 1 du Manuel de Seconde". The interface is divided into several sections:

- 1**: A main menu icon (hamburger menu) in the top left corner.
- 2**: A sidebar menu on the left containing a list of items under the heading "Lorem Ipsum is simply", such as "dummy text", "industry's standard", "remaining essentially unchanged", "desktop publishing software", and "1960s with the release".
- 3**: The main content area, which is a "Wiki" theme. It features a large image of a historical street scene with a QR code overlay. Below the image is a video player showing a similar scene. The text in the main area is placeholder text: "Lorem Ipsum is simply dummy text of the printing and typesetting industry. Lorem Ipsum has been the industry's standard dummy text ever since the 1500s, when an unknown printer took a galley of type." There is also a "Télécharger" (Download) button at the bottom right of the main content area.
- 4**: An "Éditer" (Edit) button with a pencil icon.
- 5**: A QR code located in the top right corner of the main content area.
- 6**: A "Télécharger" (Download) button with a download icon.

On the right side of the interface, there is a blue sidebar titled "Thème en forme de Wiki" with the following numbered callouts:

- 1**: Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- 2**: Le menu principal pour accéder au contenu du thème en forme de wiki.
- 3**: Contenu du thème en forme de wiki (texte, audio, vidéo).
- 4**: L'élève a la possibilité d'éditer le contenu pour l'adapter à ses besoins, il peut aussi partager les modifications avec l'enseignant ou ses camarades de classe.
- 5**: Un système de flash codes intégrés à la wiki (le contenu du manuel) de la classe proposés par le manuel et accessibles via un smartphone ou une tablette. L'élève peut également créer ses propres flash codes conduisant vers d'autres documents en ligne issus de ses propres recherches.
- 6**: Le manuel est également un portfolio partageable qui contient tous les documents de travail de l'élève (disponibles hors ligne), qu'il peut mettre à la disposition de ses enseignants s'il le souhaite.

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- Le menu principal pour accéder au contenu du thème en forme de wiki.
- Contenu du thème en forme de wiki (texte, audio, vidéo).
- L'élève a la possibilité d'éditer le contenu pour l'adapter à ses besoins, il peut aussi partager les modifications avec l'enseignant ou ses camarades de classe.
- Un système de flash codes intégrés à la wiki (le contenu du manuel) de la classe proposés par le manuel et accessibles via un smartphone ou une tablette. L'élève

peut également créer ses propres flash codes conduisant vers d'autres documents en ligne issus de ses propres recherches.

- Le manuel est également un portfolio partageable qui contient tous les documents de travail de l'élève (disponibles hors ligne), qu'il peut mettre à la disposition de ses enseignants s'il le souhaite.

1 Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.

2 L'élève peut modifier le contenu du chapitre/thème/leçon en mode Wiki.

3 L'élève peut créer ses propres flash codes conduisant vers d'autres documents en ligne issus de ses propres recherches.

4 Un espace de saisie et un espace de visualisation en disposant d'un double espace (ou double écran).

- Le menu principal permet à l'élève d'aller à son espace personnel et de changer de chapitre.
- L'élève peut modifier le contenu du chapitre/thème/leçon en mode Wiki.
- L'élève peut créer ses propres flash codes conduisant vers d'autres documents en ligne issus de ses propres recherches.
- Un espace de saisie et un espace de visualisation en disposant d'un double espace (ou double écran).

Annexe B – Les interactions pendant le processus de conception

L'entreprise derrière le développement du logiciel (nous avons utilisé une adaptation du logiciel de l'entreprise « *co:collective* ») nous a envoyé les fichiers correspondant aux interactions des individus des six groupes lors du processus de conception en format « *.sql* » et « *.csv* ». Nous avons procédé à une première extraction des données de ces fichiers avec le langage de programmation « *Python* », notamment avec la bibliothèque « *Pandas* » pour obtenir un seul fichier « *.csv* » à être traité avec la bibliothèque « *NetworkX* » du langage de programmation « *Python* », ainsi qu'avec le logiciel pour l'analyse de réseaux « *Gephi* ». Ce fichier accompagne la présente thèse.

```
In [1]: import pandas as pd
interactions = pd.read_csv('interactions.csv')
interactions.drop('Unnamed: 0', axis = 1, inplace = True)
interactions.head(10)
```

Out[1]:

	Group	Title	Source	Target	Type of message	Message
0	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	IA-IPR	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
1	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	P. Direction	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
2	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	Principal ou Adjoint	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
3	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	Enseignant H.	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
4	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	Parent	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
5	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	Élève	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
6	1	Faire une synthèse de nos découvertes ?	Formation	Institution P.	Idea	Nous allons devoir maintenant voter et qualifi...
7	1	Activités méthodologiques plus attractives	Enseignant H.	IA-IPR	Idea	Proposer des activités diverses et variées en ...
8	1	Activités méthodologiques plus attractives	Enseignant H.	P. Direction	Idea	Proposer des activités diverses et variées en ...
9	1	Activités méthodologiques plus attractives	Enseignant H.	Formation	Idea	Proposer des activités diverses et variées en ...

La figure ci-dessus illustre les premières 10 entrées du jeu de données concernant les interactions des six groupes de conception. Pour rappel, les groupes 1, 3 et 4 étaient les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 étaient les groupes de contrôle (coopératifs).

```

interactions.shape
interactions.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 2077 entries, 0 to 2076
Data columns (total 6 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   Group                 2077 non-null   int64
1   Title                 1981 non-null   object
2   Source                2077 non-null   object
3   Target                2077 non-null   object
4   Type of message       2077 non-null   object
5   Message               1323 non-null   object
dtypes: int64(1), object(5)
memory usage: 97.5+ KB

```

Nous pouvons observer dans la figure ci-dessus que le jeu de données est constitué de 6 colonnes et 2 077 entrées correspondant aux idées, la construction à partir des idées des autres individus, les « *likes* », les idées favorites, les votes et les décisions pour les 6 groupes de conception. Il faut remarquer, que 100% des interactions concernaient le processus de conception puisque le logiciel ne donnait pas lieu à d'autres types d'échanges en dehors de la méthode de conception proposée.

Ainsi, les 6 colonnes avaient les caractéristiques suivantes :

- Group : désigne le groupe de conception – collaboratifs : 1, 3, 4 – coopératifs : 2, 5, 6.
- Title : désigne le titre de l'idée – NaN si l'interaction n'implique pas le titre d'une idée.
- Source : désigne le profil de l'émetteur du message : IA-IPR (inspecteur académique), P. Direction (personnel de direction), Principal ou Adjoint (personnel de direction stagiaire), Enseignant H. (enseignant d'histoire), Enseignant (enseignant d'une discipline autre que l'histoire), Parent, Élève, Formation (formateur), Institution Privé – Institution P. (personne associée à la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage).
- Target : désigne le profil du récepteur du message : IA-IPR (inspecteur académique), P. Direction (personnel de direction), Principal ou Adjoint (personnel de direction stagiaire), Enseignant H. (enseignant d'histoire), Enseignant (enseignant d'une discipline autre que l'histoire), Parent, Élève, Formation (formateur), Institution

Privé – Institution P. (personne associée à la conception et l'édition d'artefacts numériques d'apprentissage).

- Type of message : Idea (idée), Build (construire à partir des idées des autres individus [idée, action, question]), Follow (favorite), Decision (support pour la sélection finale des idées), Shout (support pour les idées les plus intéressantes).
- Message : désigne la description de l'idée – NaN si l'interaction n'implique pas la description d'une idée.

Annexe C – Les vidéos envoyées aux participants

Phase 1 de la méthode de conception – Découvrir

Cette vidéo concerne la première phase de la méthode de conception, la vidéo peut être consultée dans les fichiers annexes qui accompagnent cette étude.



Remarques

- nous avons enlevé les parties qui n'étaient pas en lien avec la méthode de conception et plutôt avec des informations spécifiques au projet industriel ;
- dans la vidéo, nous parlons d'un processus de conception d'un mois, nous avons décidé après la production de la vidéo de réaliser l'expérimentation en 3 mois, un mois pour chaque phase de la méthode de conception, l'objectif était de donner plus de temps aux participants qui ont participé volontairement au processus de conception ;
- nous avons utilisé une version simplifié et personnalisé d'un logiciel de l'entreprise « co-collective ». Dans les vidéos, nous nous référons à ce logiciel comme Doable ;

- l'objectif de certaines explications n'était pas scientifique, il était pratique afin de motiver les participants.

Phase 2 de la méthode de conception – S'approprier

Cette vidéo concerne la deuxième phase de la méthode de conception, la vidéo peut être consultée dans les fichiers annexes qui accompagnent cette étude.



Remarques

- dans la vidéo, nous remarquons que dans cette deuxième phase, chaque participant avait 40 votes à distribuer dans l'ensemble des idées, il faut remarquer, qu'après la réalisation des vidéos, nous avons maintenu 30 votes à distribuer pour chaque phase du processus de conception ;
- à la fin de la vidéo, nous parlons de l'utilisation de Slack, cela n'avait rien à voir avec la méthode de conception, ni avec l'expérimentation, l'objectif étant de présenter les entreprises de la partie industriel aux participants (nous avons travaillé avec les entreprises de la partie industriel via Slack, cette partie ne concerne pas le présent étude) ;

Phase 3 de la méthode de conception – Faire

Cette vidéo concerne la troisième phase de la méthode de conception, la vidéo peut être consultée dans les fichiers annexes qui accompagnent cette étude.



Remarques

- nous avons enlevé les parties qui n'étaient pas en lien avec la méthode de conception et plutôt avec des informations spécifiques concernant le projet industriel ;
- quand nous parlons de Storyboard, nous nous référons à la maquette (le prototype) que chaque groupe a produite.

Table des illustrations

Figure 1. Le modèle d'interactions de la théorie de la physique sociale (Pentland, 2015) illustrant ses trois éléments : l'« énergie », l'« engagement » et l'« exploration ».	90
Figure 2. Le modèle de la « <i>genèse instrumentale et des interactions sociales</i> » proposé par Cerisier (2011).	100
Figure 3. Processus pour mieux comprendre la circulation des idées d'un groupe d'individus au-delà de sa taille à partir du modèle de la « <i>genèse instrumentale et des interactions sociales</i> » de Cerisier (2011) et des travaux de Loreto <i>et al.</i> (2016).	101
Figure 4. Adaptation du modèle de la « <i>théorie de la physique sociale</i> » (Pentland, 2015) en regardant uniquement les interactions à l'intérieur d'un groupe d'individus (au-delà de sa taille).....	103
Figure 5. Diagramme de flux pour évaluer le niveau de « <i>perception de nouveauté</i> » d'un artefact (Sarkar et Chakrabarti, 2011).....	143
Figure 6. Les trois phases de la méthodologie de conception proposée dans le cadre de l'expérimentation scientifique de cette recherche.....	166
Figure 7. Le système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées à l'intérieur d'un groupe de conception.....	175
Figure 8. Le système de cartes pour promouvoir l'élaboration et la génération d'idées à l'intérieur d'un groupe de conception, utilisé avec les trois phases de la méthodologie de conception proposée dans le cadre de l'expérimentation scientifique de cette recherche.....	176
Figure 9. Le système de points conçu et implémenté dans les trois phases du processus de conception (« <i>découvrir</i> », « <i>s'approprier</i> » et « <i>faire</i> »), afin de récompenser les individus qui inspirent aux autres individus du groupe d'élaborer à partir de leurs idées. Ce système récompense d'un « <i>prix</i> » plus important les individus qui font bouger une idée d'un espace à l'autre dans le modèle illustrant la circulation des idées (dans la partie droite du graphique).....	178
Figure 10. Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « <i>découvertes</i> » (première phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration de nouvelles « <i>idées</i> » à partir de ces « <i>découvertes</i> ».	183

Figure 11.	Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « <i>solutions</i> » (deuxième phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration des nouvelles « <i>idées</i> » à partir de ces « <i>solutions</i> ».....	185
Figure 12.	Le logiciel visant à faciliter les interactions des individus du groupe. La figure illustre le processus de génération de « <i>prototypes</i> » (troisième phase de la méthodologie de conception) et d'élaboration des nouvelles « <i>idées</i> » à partir de ces « <i>prototypes</i> ».	187
Figure 13.	Production des vidéos pour faciliter le processus de conception pendant les trois mois d'expérimentation.	200
Figure 14.	Résultats du niveau de « <i>modularité</i> » des trois groupes expérimentaux (collaboratifs) concernant l'ensemble des interactions.....	212
Figure 15.	Résultats du niveau de « <i>modularité</i> » des trois groupes de contrôle (coopératifs) concernant l'ensemble des interactions.	213
Figure 16.	Résultats du niveau de « <i>modularité</i> » des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et dans la partie inférieure les groupes de contrôle (coopératifs).....	215
Figure 17.	Résultats montrant le niveau de « <i>modularité</i> » des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et dans la partie inférieure les groupes de contrôle (coopératifs).	216
Figure 18.	Résultats montrant le niveau de « <i>modularité</i> » des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus, ainsi que le processus par lequel des individus élaborent des idées à partir d'idées pensées par d'autres par un processus d'« <i>inspiration</i> » (sur la base de l'option « <i>idées favorites</i> » et du système de vote décrit dans la partie précédente). Dans la partie supérieure, nous pouvons observer les groupes expérimentaux (collaboratifs) et, dans la partie inférieure, les groupes de contrôle (coopératifs)....	217
Figure 19.	Résultats par rapport au niveau de l'élément « <i>énergie</i> » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	219

Figure 20. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions), ainsi que de la « *modularité* » ou par rapport au niveau d'« *engagement* » (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs)..... 221

Figure 21. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs). 222

Figure 22. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions), ainsi que de la « *modularité* » ou par rapport au niveau d'« *engagement* » (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration d'idées nouvelles à partir des idées des autres individus. Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs). 223

Figure 23. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions) des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« *inspiration* » dans l'élaboration d'idées à partir de ces idées. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs)..... 224

Figure 24. Résultats par rapport au niveau de l'élément « *énergie* » (quantité d'interactions), ainsi que de la « *modularité* » ou par rapport au niveau d'« *engagement* » (distribution de l'information dans le groupe) des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration d'idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« *inspiration* » dans l'élaboration de nouvelles idées à partir de ces idées. Les groupes de la partie supérieure représentent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes de la partie inférieure représentent les groupes de contrôle (coopératifs)..... 225

Figure 25. Résultats par rapport au « *coefficient de collaboration* » des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et

4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	226
Figure 26. Résultats par rapport au « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	228
Figure 27. Résultats par rapport au « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« <i>inspiration</i> » dans l'élaboration de nouvelles idées à partir de ces idées. La valeur 0 correspond à la variable COOPÉRATION et la valeur 1 représente la variable COLLABORATION. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).	229
Figure 28. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant l'ensemble des interactions. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « <i>engagement</i> » et « <i>énergie</i> ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception.....	230
Figure 29. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « <i>engagement</i> » et « <i>énergie</i> ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception.....	231
Figure 30. Résumé de l'analyse 1 de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'« <i>inspiration</i> » dans l'élaboration à partir de ces idées. À gauche, la figure illustre les niveaux des éléments « <i>engagement</i> » et « <i>énergie</i> ». À droite, dans la partie supérieure, la figure illustre la quantité d'idées générées dans chaque groupe de conception ; dans la partie inférieure, la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception.	232

Figure 31.	Résultats par rapport aux évaluations du niveau de « <i>perception de nouveauté</i> » des fonctionnalités de chaque prototype conçu par les six groupes de conception. Les prototypes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les prototypes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	240
Figure 32.	Résultats par rapport aux évaluations du niveau de « <i>perception d'utilité</i> » pour les fonctionnalités de chaque prototype conçu par les six groupes de conception. Les prototypes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les prototypes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	241
Figure 33.	Résultats par rapport au « <i>coefficient d'invention</i> » des six groupes de conception. La variable INVENTION va de 0 (moins d'invention) à 1 (plus d'invention). Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	243
Figure 34.	Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant l'ensemble des interactions. La partie gauche de la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « <i>coefficient d'invention</i> » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	245
Figure 35.	Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant l'ensemble des interactions.....	246
Figure 36.	Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus. La partie gauche de la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « <i>coefficient d'invention</i> » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	247
Figure 37.	Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant uniquement le processus d'élaboration à partir des idées des autres individus.....	248

Figure 38.	Comparaison des résultats des deux coefficients représentant respectivement la variable indépendante et la variable dépendante de cette recherche concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« <i>inspiration</i> ») à partir de ces idées. La partie gauche de la figure illustre le « <i>coefficient de collaboration</i> » des six groupes de conception et la partie droite de la figure illustre le « <i>coefficient d'invention</i> » des six prototypes conçus. Les groupes 1, 3 et 4 concernent les groupes expérimentaux (collaboratifs) et les groupes 2, 5 et 6 concernent les groupes de contrôle (coopératifs).....	249
Figure 39.	Calcul de corrélation entre la variable indépendante (niveau de collaboration) et la variable dépendante (niveau d'invention) de cette recherche concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« <i>inspiration</i> ») à partir de ces idées.....	250
Figure 40.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 1 concernant l'ensemble des interactions.	258
Figure 41.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 2 concernant l'ensemble des interactions.	260
Figure 42.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 3 concernant l'ensemble des interactions.	260
Figure 43.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 4 concernant l'ensemble des interactions.	261
Figure 44.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 5 concernant l'ensemble des interactions.	262
Figure 45.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 6 concernant l'ensemble des interactions.	262
Figure 46.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des 6 groupes de conception concernant uniquement le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus.....	264
Figure 47.	Résultats des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« <i>inspiration</i> ») à partir de ces idées.....	266

Figure 48.	Résultats de la « <i>simplification</i> » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant uniquement le processus de construction sur les idées des autres individus.....	268
Figure 49.	Résultats de la « <i>simplification</i> » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« <i>inspiration</i> ») à partir de ces idées.	270
Figure 50.	Résultats de la « <i>simplification</i> » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu des six groupes de conception concernant l'ensemble des interactions.	272
Figure 51.	Résultats de la « <i>simplification</i> » (vers NÉGATIVE ou POSITIVE) des représentations et des interactions par rapport à chaque individu du groupe 3 concernant l'ensemble des interactions.	274

Table des matières détaillée

Résumé.....	3
Abstract.....	5
Remerciements.....	8
Sommaire.....	9
Partie I : introduction.....	1
Chapitre 1 : introduction à la partie I.....	2
Chapitre 2 : Positionnement de la recherche.....	5
Chapitre 3 : livrables attendus.....	7
Chapitre 4 : structure du document.....	10
Partie II : contexte, problématique et hypothèses.....	13
Chapitre 1 : le contexte de recherche.....	14
1.1 Le système éducatif.....	14
1.1.1 Les médias dans le système éducatif.....	14
1.1.2 La complexité du système éducatif actuel.....	15
1.2 Les artefacts d'apprentissage dans le système éducatif.....	17
1.2.1 Les artefacts numériques et non numériques d'apprentissage.....	18
1.2.2 La conception d'artefacts d'apprentissage.....	20
1.3 Le système éducatif français et les artefacts numériques d'apprentissage.....	23
1.3.1 Le manuel scolaire comme artefact d'apprentissage.....	25
1.3.2 Le manuel scolaire numérique.....	26
1.3.3 La conception de manuels scolaires numériques.....	29
1.3.4 Le projet REMASCO pour réinventer le manuel scolaire à l'ère du numérique.....	29
1.4 Synthèse.....	30

Chapitre 2 : définition de la problématique.....	32
2.1 Introduction	32
2.2 Le problème	33
2.2.1 Question de recherche.....	34
2.3 Synthèse	36
Chapitre 3 : Les hypothèses.....	37
3.1 Introduction	37
3.2 L'hypothèse générale	38
3.2.1 Les sous-hypothèses	38
3.3 Synthèse	39
Partie III : cadre théorique	40
Chapitre 1 : introduction à la partie III	41
Chapitre 2 : les modalités de l'action collective	43
2.1 Introduction	43
2.2 Les origines	44
2.3 La coordination et la performance des groupes collaboratifs et coopératifs	45
2.3.1 Performance collective et performance individuelle.....	46
2.3.2 Les facteurs qui déterminent la performance d'un groupe	47
2.4 L'évolution de la collaboration et de la coopération	53
2.4.1 Les interactions collaboratives et coopératives.....	55
2.5 Collaboration et coopération assistées par ordinateur	56
2.6 Synthèse	57
Chapitre 3 : le produit de l'action collective.....	58
3.1 Introduction	58
3.2 L'invention en tant que processus individuel.....	58

3.3 L'invention en tant que processus social	60
3.3.1 Invention, nouveauté et innovation	60
3.4 Mesurer l'invention.....	62
3.5 La collaboration, la coopération et l'invention collective	64
3.6 Synthèse	65
<i>Chapitre 4 : les objets-frontières et la théorie des réseaux</i>	<i>67</i>
4.1 Introduction	67
4.2 Les objets-frontières	67
4.2.1 La nature des objets-frontières.....	68
4.2.2 Les objets-valises et les objets-frontières	69
4.3 Les objets-frontières et le système éducatif	70
4.3.1 Les artefacts numériques d'apprentissage vus comme objets-valises et comme objets-frontières ...	71
4.4 La théorie des réseaux	73
4.4.1 Les connexions entre les individus au sein d'un groupe	74
4.4.2 La diffusion des idées dans un groupe	75
4.4.3 Connexions, contagions et groupes de collaboration et de coopération	76
4.5 Synthèse	77
<i>Chapitre 5 : la théorie de la physique sociale.....</i>	<i>79</i>
5.1 Introduction	79
5.2 La théorie de la physique sociale	81
5.2.1 Les sciences humaines et sociales et la théorie de la physique sociale	81
5.2.2 L'apprentissage social et la diffusion de l'information	83
5.3 Inventivité individuelle et collective	87
5.3.1 Au niveau individuel.....	87
5.3.2 Au niveau collectif.....	88
5.3.3 Les dynamiques d'interaction du groupe.....	89
5.4 Le modèle d'interactions de la théorie de la physique sociale.....	90
5.4.1 Mesurer la collaboration et la coopération	92

5.5 La théorie de la physique sociale et le processus de conception d'artefacts numériques d'apprentissage	92
5.6 Les limites de la théorie de la physique sociale.....	93
5.7 Synthèse	94
Chapitre 6 : la circulation des idées dans un groupe	95
6.1 Introduction	95
6.2 Comment les idées circulent-elles et se diffusent-elles ?	96
6.2.1 Les connexions entre les individus d'un groupe	96
6.2.2 Les contagions entre les individus d'un groupe	97
6.2.3 Connexions et contagions entre les individus d'un groupe	98
6.3 Le processus d'innovation et la circulation des idées dans un groupe d'individus	99
6.4 La théorie de la physique sociale, la collaboration et la coopération	102
6.5 Synthèse	104
Chapitre 7 : le processus de conception	105
7.1 Introduction	105
7.2 Théorie de la conception	106
7.2.1 La conception, les artefacts et les interactions homme-machine	107
7.2.2 La conception participative, la collaboration et la coopération.....	110
7.3 Le processus de conception et le système éducatif.....	112
7.4 Synthèse	114
Chapitre 8 : synthèse et positionnement	115
Partie IV : cadre méthodologique.....	119
Chapitre 1 : introduction à la partie IV	120
Chapitre 2 : une recherche expérimentale	122
2.1 Introduction	122
2.2 L'approche expérimentale.....	124

2.2.1 Variables d'intérêt et variables de désintérêt.....	127
2.3 La validité interne de l'expérimentation.....	129
2.3.1 Les participants	129
2.3.2 Les instruments.....	130
2.3.3 L'artificialité	131
2.3.4 Le déroulement.....	133
2.4 Synthèse	133
Chapitre 3 : focus sur l'analyse.....	135
3.1 Introduction	135
3.2 Analyse des processus de collaboration, de coopération et d'invention collective.....	136
3.2.1 Collaboration et coopération.....	136
3.2.2 L'inventivité d'un artefact numérique d'apprentissage.....	139
3.2.3 La corrélation des variables d'intérêt	146
3.3 Les représentations de l'artefact numérique d'apprentissage à concevoir	146
3.4 Pourquoi utiliser une conception de recherche expérimentale ?.....	147
3.5 Synthèse	149
Chapitre 4 : collecte des données	150
4.1 Introduction	150
4.2 Types de données	151
4.2.1 Traces numériques d'interaction	151
4.2.2 Questionnaires pré et post test	152
4.2.3 Évaluations des prototypes conçus sous la forme d'entretiens individuels afin de déterminer le niveau d'invention de chaque prototype conçu	153
4.3 Quantité de données.....	154
4.3.1 Choix des paramètres	156
4.4 Analyse qualitative et quantitative.....	158
4.4.1 Données collectées pendant l'expérimentation	159
4.4.2 Données collectées après l'expérimentation.....	161

4.5 Synthèse	162
Partie V : la méthode de conception proposée et l'expérimentation scientifique	164
Chapitre 1 : la méthode de conception	165
1.1 Introduction	165
1.2 Description de la méthode de conception	166
1.2.1 Trois phases de conception.....	167
1.3 Le processus de génération et d'élaboration des idées	173
1.3.1 Le système pour élaborer à partir des idées des autres individus du groupe	174
1.4 Le processus d'interaction et de communication	178
1.5 Synthèse	179
Chapitre 2 : le logiciel facilitant les interactions entre les individus	181
2.1 Introduction	181
2.2 Les phases de la méthode de conception.....	182
2.2.1 La phase d'inspiration	182
2.2.2 La phase découvrir	182
2.2.3 La phase s'approprier.....	184
2.2.4 La phase faire	185
2.3 Le processus d'élaboration d'idées dans le logiciel, la coopération et la collaboration.....	188
2.4 Les traces numériques d'interaction.....	189
2.5 Synthèse	189
Chapitre 3 : l'expérimentation scientifique.....	191
3.1 Introduction	191
3.2 La préparation.....	192
3.2.1 Sélection des participants	193
3.2.2 Présentation du projet industriel aux participants	196
3.2.3 Mise en place de la méthode de conception, du logiciel facilitant les interactions et d'autres outils de communication	197

3.3 La conception de l'artefact numérique d'apprentissage	199
3.3.1 Préparation des participants à la méthode de conception	199
3.3.2 Le processus de conception des prototypes des fonctionnalités des manuels scolaires numériques d'histoire	200
3.4 Évaluation des prototypes en vue de déterminer leur niveau d'invention	203
3.5 Synthèse	204
<i>Partie VI : analyse des résultats</i>	205
<i>Chapitre 1 : analyse 1 — la circulation des idées et les interactions collaboratives et coopératives</i>	207
1.1 Introduction	207
1.2 Questions de recherche	207
1.3 Méthodologie et objectifs	208
1.3.1 Déroulement du processus de conception	209
1.4 Résultats	210
1.4.1 Calcul de l'élément « engagement » pour chaque groupe de conception	211
1.4.2 Calcul de l'élément « énergie » pour chaque groupe de conception.....	218
1.4.3 Calcul du « coefficient de collaboration » pour chaque groupe de conception.....	225
1.5 Conclusion	232
<i>Chapitre 2 : analyse 2 — la circulation des idées, la collaboration, la coopération et l'inventivité collective</i>	235
2.1 Introduction	235
2.2 Question de recherche	235
2.3 Méthodologie et objectifs	236
2.3.1 Déroulement du processus d'évaluation de l'inventivité de chaque prototype.....	237
2.4 Résultats	238
2.4.1 Évaluation de la « perception de nouveauté » et de la « perception d'utilité » de chaque prototype	239
2.4.2 Calcul du « coefficient d'invention » pour chaque groupe de conception.....	242

2.5 Conclusion	250
Chapitre 3 : la circulation des idées et l'influence individuelle et collective	252
3.1 Introduction	252
3.2 Question de recherche	253
3.3 Méthodologie et objectifs	253
3.3.1 Le questionnaire pré-expérimentation	254
3.3.2 Le questionnaire post-expérimentation	255
3.3.3 Objectifs	255
3.4 Résultats	256
3.4.1 L'ensemble des interactions (circulation des idées) pendant le processus de conception	258
3.4.2 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus	264
3.4.3 Le processus d'élaboration de nouvelles idées à partir des idées des autres individus plus le processus d'élaboration conceptuelle (« inspiration ») à partir de ces idées	265
3.4.4 « Simplification » des représentations vers POSITIVE et NÉGATIVE	267
3.4.5 Changements des représentations dans les groupes expérimentaux et de contrôle	276
3.5 Conclusion	277
Conclusion et discussion.....	279
Annexes.....	288
Annexe A – Les prototypes (maquettes).....	288
Annexe B – Les interactions pendant le processus de conception.....	319
Annexe C – Les vidéos envoyées aux participants.....	322
Table des illustrations.....	325
Table des matières détaillée	332
Références bibliographiques.....	340

Références bibliographiques

- Abric, J.-C. (1999). *Représentations sociales*. Editions L'Harmattan.
- Abric, J.-C. (2003). *Méthodes d'étude des représentations sociales*. Eres.
- Albero, B. (2010). *Une approche sociotechnique des environnements de formation : Rationalités, modèles et principes d'action*. *Éducation et didactique*, 4(4), 7-24.
- Allen, R. C. (1983). *Collective invention*. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 4(1), 1-24.
- Allen, T. J. (1977). *Managing the Flow of Technology*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Altshuller, G. (1996). *And suddenly the inventor appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Anagnostopoulos, D., Smith, E. R., et Basmadjian, K. G. (2007). *Bridging the University–School Divide: Horizontal Expertise and the “Two-Worlds Pitfall”*. *Journal of Teacher Education*, 58(2), 138-152.
- Antunes, L., Nunes, D., et Coelho, H. (2014). *The geometry of desire*. In *Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems* (p. 1169-1172). Paris, France.
- Aron, J.-P. (1962). *Philosophes de l'histoire*. Cambridge University Press, 17(3), 620-622.
- Aubé, C., Rousseau, V., et Tremblay, S. (2011). *Team size and quality of group experience: The more the merrier?* *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 15(4), 357-375.
- Auziol, E. (1994). *Le formateur et l'outil: approche intentionnelle des médias éducatifs* (Thèse de doctorat, Montpellier 3).
- Axelrod, R. (2006). *The Evolution of Cooperation: Revised Edition* (Revised edition). Basic Books.
- Baker, M. J. (2002). *Forms of cooperation in dyadic problem-solving*. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 16(4-5), 587-620.
- Baker, M. J. (2015). *Collaboration in collaborative learning*. *Interaction Studies*, 16(3), 451-473.
- Barrat, A., Barthelemy, M., et vespignani, A. (2008). *Dynamical processes on complex networks*. Cambridge university press.

- Bassett, D., et Bullmore, E. (2006). *Small-World Brain Networks*. *The Neuroscientist*, 12(6), 512-523.
- Becchetti-Bizot, C. (2017). *Repenser la forme scolaire à l'heure du numérique : Vers de nouvelles manières d'apprendre et d'enseigner* (No. 2017-056). Ministère de l'Éducation Nationale.
- Benedek, J., et Miner, T. (2002). *Measuring Desirability: New methods for evaluating desirability in a usability lab setting*. In *Proceedings of Usability Professionals Association* (Vol. 12, p. 57-62). 8.
- Benjamin, L. T. (1988). *A history of teaching machines*. *American Psychologist*, 43(9), 703-712.
- Berg, J. M. (2016). Balancing on the Creative Highwire: Forecasting the Success of Novel Ideas in Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 61(3), 433-468.
- Bernard, H. R. (2012). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches* (Edition 2). Sage.
- Bésile, C., Bianchi, J., et Jourdan, R. (1999). *Pratiques Médiatiques. 50 mots clés*. CNRS Editions, p. 199-206.
- Bijker, W. E. (2010). *How is technology made? - That is the question!* *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 63-76.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., et Pinch, T. J. (2012). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MA: MIT press.
- Binder, T., et Brandt, E. (2008). The Design:Lab as platform in participatory design research. *Design Participation(-s) – a Creative Commons for Ongoing Change*, 4(2), 115-129.
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., et Lefebvre, E. (2008). *Fast unfolding of communities in large networks*. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, (10), P10008.
- Blumer, H. (1986). *Symbolic interactionism: Perspective and method*. University of California Press.
- Borne, D. (1998). *Le Manuel Scolaire*. Ministère de l'Éducation Nationale.
- Bowker, G. C., et Star, S. L. (2000). *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences*. MIT press.

- Bowker, J. C., Stotsky, M. T., et Etkin, R. G. (2017). *How BIS/BAS and psycho-behavioral variables distinguish between social withdrawal subtypes during emerging adulthood*. *Personality and Individual Differences*, 119, 283-288.
- Boyer, R., et Durand, J. P. (1998). *L'après-fordisme*. FeniXX.
- Boyle, T. (2002). *Towards a Theoretical Base for Educational Multimedia Design*. *Journal of Interactive Media in Education*.
- Bradley, J. H. (1997). *The effect of personality type on team performance*. *Journal of Management Development*, 16(5), 337-353.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., et Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Mind, brain, experience, and school*. Washington, DC: National Research Council.
- Brereton, M., et Buur, J. (2008). *New challenges for design participation in the era of ubiquitous computing*. *CoDesign. International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 4(2), 101-113.
- Brown, D. (1991). *Human Universals*. McGraw-Hill Education.
- Bruffee, K. A. (1995). *Sharing Our Toys: Cooperative Learning versus Collaborative Learning*. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27(1), 12-18.
- Bruillard, E. (2005). *Manuels scolaires, regards croisés*. Canopé - CRDP de la Basse-Normandie.
- Camacho, L. M., et Paulus, P. B. (1995). *The role of social anxiousness in group brainstorming*. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68(6), 1071-1080.
- Campbell, D. T., et Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Campion, M. A., Medsker, G. J., et Higgs, A. C. (1993). *Relations between work group characteristics and effectiveness: implications for designing effective work groups*. *Personnel Psychology*, 46(4), 823-847.
- Cardon, D. (2015). *A quoi rêvent les algorithmes: nos vies à l'heure des big data*. Le Seuil.
- Carnot, S., Constans, J., Rouvier, M., et Fallières, A. (2007). 133. 29 janvier 1890, *Décret portant règlement d'administration publique sur le matériel obligatoire d'enseignement, les livres et les registres scolaires dans les écoles publiques*. In: Bruter A. :

- L'enseignement de l'histoire à l'école primaire de la Révolution à nos jours, textes officiels, Tome I : 1793-1914* (p. 304). Paris: Institut national de recherche pédagogique.
- Centola, D., et Macy, M. (2007). *Complex Contagions and the Weakness of Long Ties*. *American Journal of Sociology*, 113(3), 702-734.
- Cerisier, J.-F. (2011). *Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français* (Sciences de l'information et de la communication). Université de Poitiers.
- Cerisier, J.-F. (2014). *On demande toujours des inventeurs et l'on cherche encore les innovateurs*. *Distances et médiations des savoirs*, (8).
- Cesari-Ogier, A. (2005). *Le manuel scolaire dans la leçon d'histoire à l'école élémentaire de 1880 à 1998 : rôles et usages dans la classe*. Université Montpellier III - Paul Valéry, Montpellier.
- Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B., et Nataraju, B. S. (2005). *A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas*. *Artificial Intelligence In Engineering Design, Analysis And Manufacturing*, 19(2), 113-132.
- Charlier, B., Deschryver, N., et Peraya, D. (2006). *Apprendre en présence et à distance : Une définition des dispositifs hybrides*. *Distances et savoirs*, 4(4), 469-496.
- Chartier, A.-M. (2007). *L'école et la lecture obligatoire : histoire et paradoxes des pratiques d'enseignement de la lecture*. RETZ.
- Chesney, T., et Penny, K. (2013). *The Impact of Repeated Lying on Survey Results*. Sage, 3(1).
- Chevallier, J. (1980). *Ciné-club et action éducative : dossier de documentation*. Paris: Centre national de documentation pédagogique.
- Choppin, A. (1980). *L'histoire des manuels scolaires. Une approche globale*. *Histoire de l'éducation*, p. 1-25.
- Choppin, A. (2008). *Le manuel scolaire, une fausse évidence historique*. *Histoire de l'éducation*, p. 7-56.
- Christakis, N. A., et Fowler, J. H. (2009). *Connected: The surprising power of our social networks and how they shape our lives*. Brown: Little.
- Cocu, A., Pecheanu, E., et Susnea, L. (2015). *Stimulating Creativity through Collaboration in an Innovation Laboratory*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 182, 173-178.

- Colin, C. (1976). *A History of European Printing*. London: Academic Press.
- Comstock, B. (2012). *Want a team to be creative? Make it diverse*. Diversity Now, 11.
- Conole, G. (2013). *Designing for Learning in an Open World* (1^{re} éd., Vol. 4). New York: Springer-Verlag.
- Conole, G., et Dyke, M. (2004). *What are the affordances of information and communication technologies?* ALT-J Research in Learning Technology, 12(2), 113-124.
- Conole, G., Olivier, M., Falconer, I., Littlejohn, A., et Harvey, J. (2007). *Designing for learning*. In *Contemporary perspectives in e-learning research: Themes, methods and impact on practice*. London, UK: RoutledgeFalmer.
- Cosnier, J. (1992). *Synchronisation et copilotage de l'interaction conversationnelle*. Revue Protée, 33-39.
- Cowan, R., et Jonard, N. (2003). *The dynamics of collective invention*. Journal of Economic Behavior & Organization, 52(4), 513-532.
- Crouch, T. D. (1989). *The Bishop's Boys: A life of Wilbur and Orville Wright*. New York, N.Y.: W. W. Norton & Company.
- Cuban, L. (1986). *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920*. Teachers College Press.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and Underused: computers in the classroom*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Cuban, L. (2008). *The Flight of a Butterfly or the Path of a Bullet?: Using Technology to Transform Teaching and Learning*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Press.
- De Bono, E. (1974). *Eureka! An Illustrated History of Inventions from the Wheel to the Computer* (First Edition edition). Holt, Rinehart and Winston.
- De Condorcet, N. (1791). *Cinq mémoires sur l'instruction publique*. Paris: Garnier-Flammarion.
- De Jong, A. B., et Elfring, T. (2010). *How Does Trust Affect the Performance of Ongoing Teams? The Mediating Role of Reflexivity, Monitoring, and Effort*. Academy of Management Journal, 53(3), 535-549.
- de Souza, C. S. (2005). *The Semiotic Engineering of Human Computer Interaction*. Cambridge, MA: MIT press.

- Deary, I. J., Yang, J., Davies, G., Harris, S. E., Tenesa, A., Liewald, D., ... Visscher, P. M. (2012). *Genetic contributions to stability and change in intelligence from childhood to old age*. *Nature*, 482(7384), 212–215.
- Degenne, A. (2013). *L'analyse des réseaux sociaux-Un survol à travers quelques jalons*. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 118(1), 22-43.
- Delaubier, J.-P., Braun, G., Favey, É., Perez, M., Poncelet, Y., Rehel, C., et Richet, B. (2015). *L'utilisation pédagogique des dotations en numérique (équipements et ressources) dans les écoles* (No. 2015-070). Ministère de l'Éducation Nationale.
- Dezsö, C. L., et Ross, D. G. (2011). *Does female representation in top management improve firm performance? A panel data investigation*. *Strategic Management Journal*, 33(9), 1072-1089.
- Dillenbourg, P. (1999). *What do you mean by collaborative learning?* *Cognitive and Computational Approaches*, p. 1-19.
- Dillenbourg, P., Baker, M. J., Blaye, A., et O'Malley, C. (1995). *The evolution of research on collaborative learning*. Spada, E. and Reiman, P. *Learning in Humans and Machine: Towards an Interdisciplinary Learning Science*, p. 189-211.
- Dillenbourg, P., et Fischer, F. (2007). *Basics of Computer-Supported Collaborative Learning*. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 21, 111-130.
- Djoudi, M., Luengo, V., El Kechai, H., Cerisier, J.-F., Maugard, E., Cherigny, F., ... Beust, P. (2018). *Thème 2 : Learning Analytics. Axe 6 : Terminologie du Learning Analytics*. Paris : MENESR.
- Doise, W., et Palmonari, A. (1984). *Social interaction in individual development*. Cambridge University Press.
- Dong, W., & Pentland, A. (2006). *Multi-sensor data fusion using the influence model* (p. 4-75). Présenté à *Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, Cambridge, MA: IEEE.
- Duhigg, C. (2016). *What Google Learned From Its Quest to Build the Perfect Team*. *The New York Times Magazine*.
- Durkheim, E. (2014). *The division of labor in society*. New York, NY: Simon and Schuster.

- Edmondson, A. (1999). *Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams*. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350-383.
- Ehn, P. (1988). *Work-oriented design of computer artifacts*. Umeå University, Faculty of Social Sciences, Falköping, Sweden.
- Engel, D., Woolley, A. W., Jing, L. X., Chabris, C. F., et Malone, T. W. (2014). *Reading the Mind in the Eyes or Reading between the Lines? Theory of Mind Predicts Collective Intelligence Equally Well Online and Face-To-Face*. *PLOS One*, 9(12), e115212.
- Ferret, S. (1998). *L'identité*. Flammarion.
- Flichy, P. (2001). *La place de l'imaginaire dans l'action technique Le cas de l'internet*. *Lavoisier*, 5(109), 52-73.
- Flichy, P. (2003). *L'innovation technique : Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*. La Découverte.
- Frankelius, P. (2009). *Questioning two myths in innovation literature*. *The Journal of High Technology Management Research*, 20(1), 40-51.
- Friedel, R., et Israel, P. (2010). *Edison's electric light: the art of invention* (Vol. 20). Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- Galinon-Méléneq, B. (2011). *L'Homme trace. Perspectives anthropologiques des traces contemporaines*. Paris : CNRS Editions.
- Galinon-Méléneq, B. (2016). *Epistémologie de la notion de trace*. Dans F. L. Béatrice Galinon-Méléneq Sami Zlitni (dir.), *L'Homme Trace. Inscription corporelles et techniques*. (p. 9-27). Paris : CNRS Editions.
- Généreux, J. (2011). *L'Autre Société : à la recherche du progrès humain*. Seuil.
- George, S., et Leroux, P. (2001). *Un environnement support de projets collectifs entre apprenants : SPLACH*. In *Desmoulins and Grandbastien and Labat* (p. 49-60). Paris, France: ermès, Sciences.
- Gérard, F.-M., et Roegiers, X. (2009). *Des manuels scolaires pour apprendre : Concevoir, évaluer, utiliser*. De Boeck Supérieur.
- Gersick, C. J., et Hackman, J. R. (1990). *Habitual routines in task-performing groups*. *Academic Press*, 47(1), 65-97.

- Gertner, J. (2013). *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation*. Penguin.
- Gibson, James J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. New York: Houghton Mifflin.
- Girard, R. (1965). *Deceit, Desire, and the Novel: Self and the Other in Literary Structure*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Godin, B., et Lucier, P. (2008). *Project on the Intellectual History of Innovation*. INRS.
- Goodell, H., Kuhn, S., Maulsby, D., et Traynor, C. (1999). *End user programming/informal programming*. ACM SIGCHI Bulletin, 31(4), 17-21.
- Gorman, M. E., et Carlson, W. B. (1990). *Interpreting Invention as a Cognitive Process: The Case of Alexander Graham Bell, Thomas Edison, and the Telephone*. Science, Technology & Human Values, 15(2), 131-164.
- Granjou, C., et Mauz, I. (2009). *Quand l'identité de l'objet-frontière se construit chemin faisant : Le cas de l'estimation de l'effectif de la population de loups en France*. Revue d'anthropologie des connaissances, 3(1), 29-49.
- Granovetter, M. S. (1977). *The Strength of Weak Ties*. Social Networks, p. 347–367.
- Grant, A. M. (2008). *The significance of task significance: Job performance effects, relational mechanisms, and boundary conditions*. Journal of applied psychology, 93(1), 108.
- Graziano, W. G., Hair, E. C., et Finch, J. F. (1997). *Competitiveness Mediates the Link Between Personality and Group Performance*. Journal of Personality and Social Psychology, 73(6), 1394-1408.
- Greenbaum, J., et Kyng, M. (1992). *Design at work: cooperative design of computer systems*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates Inc.
- Greenfield, P. M. (1972). *Oral or Written Language: The Consequences for Cognitive Development in Africa, the United States and England*. Language and Speech, 15(2), 169-178.
- Gregor, S., et Jones, D. (2007). *The anatomy of a design theory*. Journal of the Association for Information Systems, 8(5), 312-335.
- Gueguen, C. (2014). *Pour une enfance heureuse: Repenser l'éducation à la lumière des dernières découvertes sur le cerveau*. Robert Laffont.

- Hackman, J. R. (1987). *The design of work teams*. Handbook of organizational behavior, 1, 315-342.
- Harari, G. M., Lane, N. D., Wang, R., Crosier, B. S., Campbell, A. T., et Gosling, S. D. (2016). *Using Smartphones to Collect Behavioral Data in Psychological Science: Opportunities, Practical Considerations, and Challenges*. Perspectives on Psychological Science, 11(6), 838-854.
- Harari, Y. N. (2015). *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Vintage.
- Helle, L., Tynjälä, P., et Olkinuora, E. (2006). *Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots*. Kluwer Academic Publishers, 51(2), 287–314.
- Henderson, K. (1998). *The Role of Material Objects in the Design Process: A Comparison of Two Design Cultures and How They Contend with Automation*. Science, Technology & Human Values, 23(2), 139-174.
- Herbsleb, J. D., Mockus, A., Finholt, T. A., et Grinter, R. E. (2000). *Distance, dependencies, and delay in a global collaboration*. In *Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work* (p. 319-328). Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Herrmann, J. W. (2006). *A History of Production Scheduling*. In handbook of Production Scheduling (p. 1-22). Boston, MA: Springer.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., et Ram, S. (2004). *Design science in information systems research*. MIS Q, 28(1), 75–105.
- Hewitt, T., Johnson, H., et Wield, D. (1992). *Industrialization and Development*. Oxford University Press.
- Hewlett, S. A., Marshall, M., et Sherbin, L. (2013). *How diversity can drive innovation*. Harvard Business Review, 91(12), 30-30.
- Hidalgo, C. (2016). *Why information grows: The evolution of Order, from Atoms to Economies*. Basic Books.
- Holliman, R., et Scanlon, E. (2006). *Investigating cooperation and collaboration in near synchronous computer mediated conferences*. Computers and Education, 46(3), 322-335.

- Hughes, T. P. (2004). *American genesis: a century of invention and technological enthusiasm, 1870-1970*. University of Chicago Press.
- Huvila, I. (2011). *The politics of boundary objects: Hegemonic interventions and the making of a document*. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 62(12), 2528-2539.
- Ilggen, D. R., Hollenbeck, J. R., Johnson, M., et Jundt, D. (2005). *Teams in Organizations: From Input-Process-Output Models to IMOI Models*. *Annual Review of Psychology*, 56, 517-543.
- James, B. (2009). *The control revolution: Technological and economic origins of the information society*. Harvard university press.
- Janis, I. L. (1971). *Groupthink*. *Psychology today*, 5(6), 43-46.
- Jansen, S. C. (2002). *Critical Communication Theory: Power, Media, Gender, and Technology*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Jensen, P. (2018). *Pourquoi la société ne se laisse pas mettre en équations*. Le Seuil.
- Jones, A., Scanlon, E., et Blake, C. (2000). *Conferencing in communities of learners: examples from social history and science communication*. *Educational Technology and Society*, 3(3), 215-226.
- Jones, G. R. (1984). *Task Visibility, Free Riding, and Shirking: Explaining the Effect of Structure and Technology on Employee Behavior*. *The Academy of Management Review*, 9(4), 684-695.
- Jones, J. C. (1992). *Design Methods* (Second edition). New York, NY: John Wiley & Sons.
- Kahn, K. B., et McDonough III, E. F. (1997). *An Empirical Study of the Relationships among Co-location, Integration, Performance, and Satisfaction*. *Journal of Product Innovation Management*, 14(3), 161-178.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow* (1st edition). Farrar, Straus and Giroux.
- Katzenbach, J. R., et Smith, D. K. (1993). *The Wisdom of Teams: Creating the High-performance Organization*. Harvard Business School Press.
- Kaufman, J. C., Plucker, J. A., et Baer, J. (2008). *Essentials of creativity assessment* (Vol. 53). John Wiley & Sons.

- Kay, A. C. (1972). *A personal computer for children of all ages*. ACM '72 Proceedings of the ACM Annual Conference, 1(1).
- Kay, A. C., et Goldberg, A. (1977). *Personal Dynamic Media*. IEEE Computer Society, 10(3), 31-41.
- Kay, A. C., et Sikka, V. (2016). *Plenary: Alan Kay & Vishal Sikka in Conversation*. In *CHI EA '16 Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, p. 3911-3912.
- Kazemi, E., et Hubbard, A. (2008). *New Directions for the Design and Study of Professional Development: Attending to the Coevolution of Teachers' Participation Across Contexts*. Journal of Teacher Education, 59(5), 428-441.
- Keast, R., Brown, K., et Mandell, M. (2007). *Getting The Right Mix: Unpacking Integration Meanings and Strategies*. International Public Management Journal, 10(1), 9-33.
- Keysers, C., et Gazzola, V. (2009). *Social Neuroscience: Mirror Neurons Recorded in Humans*. Current Biology, 20(8), R353-R354.
- Kickul, J., et Neuman, G. (2000). *Emergent Leadership Behaviors: The Function of Personality and Cognitive Ability in Determining Teamwork Performance and Ksas*. Journal of Business and Psychology, 15(1), 27-51.
- Kline, S. J., et Rosenberg, N. (1986). *An Overview of Innovation in R. Landau and N. Rosenburg (eds)*. National Academy Press, p. 275-304.
- Kozlowski, S. W. J., et Bell, B. S. (2003). *Work groups and teams in organizations*. In *W. C. Borman, D. R. Ilgen, et R. J. Klimoski (Eds.)*. Handbook of psychology, 12, 333-375.
- Lakemond, N., et Berggren, C. (2006). *Co-locating NPD? The need for combining project focus and organizational integration*. Technovation, 26(7), 807-819.
- Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., et Martin, R. (2015). *Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs*. Revue européenne de psychologie appliquée, 65(5), 239-252.
- Lameul, G. (2003). *Médiatisation de la relation pédagogique et posture enseignante*. In *Actes de la conférence EIAH* (p. 51-54). Desmoulins, C., Marquet, P. & Bouhineau, D., EIAH2003 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.

- Larson, J. R. (2010). *In search of synergy in small group performance*. New York: Psychology Press.
- Latour, B. (2012). *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des Modernes*. Paris: La Découverte.
- Lawson, B., et Dorst, K. (2009). *Design Expertise*. New York, NY: Taylor & Francis.
- Lehmann, J. (2003). *Virtual meetings: not just an option anymore!* In *IEMC '03. Managing Technologically Driven Organizations: The Human Side of Innovation and Change* (p. 443-447). Albany, NY, USA, USA: IEEE.
- Lelièvre C. (1993). *Manuels scolaires : histoire et actualité*. In *Revue française de pédagogie*, (105), 126-127.
- Lerman, K., Yan, X., et Wu, X.-Z. (2016). *The « Majority Illusion » in Social Networks*. PLoS ONE, 11(2), e0147617.
- Leroy, M. (2012). *Les manuels scolaires : situation et perspectives* (No. 2012-036). Inspection générale de l'éducation nationale.
- Li, W., et Schuurmans, D. (2011). *Modular community detection in networks*. Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence, 22(1), 1366.
- Linsey, J. S., Green, M. G., Murphy, J. T., Wood, K. L., et Markman, A. B. (2005). *“Collaborating To Success”: An Experimental Study of Group Idea Generation Techniques*. In *ASME 2005 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (p. 277-290). Long Beach, California, USA: ASME.
- Littleton, K., et Whitelock, D. (2005). *The negotiation and co-construction of meaning and understanding within a postgraduate online learning community*. Learning, Media and Technology, 30(2), 147–164.
- Lonchamp, J. (2012). *An instrumental perspective on CSCL systems*. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 7(2), 211–237.
- López-Mesa, B., et Vidal, R. (2006). *Novelty metrics in engineering design experiments*. In *Proceedings of the 9th International Design Conference* (p. 557-564). Dubrovnik, Croatia.

- Loreto, V., Servedio, V. D. P., Strogatz, S. H., et Tria, F. (2016). *Dynamics on Expanding Spaces: Modeling the Emergence of Novelties*. In *Creativity and Universality in Language* (p. 59-83). Springer, Cham.
- Loyd, D. L., Wang, C. S., Phillips, K. W., et Lount, R. B. (2013). *Social category diversity promotes premeeting elaboration: The role of relationship focus*. *Organization Science*, 24(3), 757-772.
- Madan, A., Cebrian, M., Lazer, D., et Pentland, A. (2010). *Social sensing for epidemiological behavior change*. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing* (p. 291-300). Copenhagen, Denmark: ACM.
- March, S. T., et Smith, G. F. (1995). *Design and natural science research on information technology*. *Decision Support Systems*, 15(4), 251-266.
- Margulis, L., et Fester, R. (1991). *Symbiosis as a source of evolutionary innovation: speciation and morphogenesis*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Marm-Garcia, J. A., et Zarate-Martinez, E. (2007). *A theoretical review of knowledge management and teamworking in the organizations*. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 2(4), 278-288.
- Martineau, M. (1988). *L'Enseignement du cinéma et de l'audiovisuel dans l'Europe des Douze*. Cinémaction.
- Mathieu, J., Maynard, M. T., Rapp, T., et Gilson, L. (2008). *Team Effectiveness 1997-2007: A Review of Recent Advancements and a Glimpse Into the Future*. *Journal of Management*, 34(3), 410-476.
- McAllister, S., Ravenscroft, A., et Scanlon, E. (2004). *Combining interaction and context design to support collaborative argumentation using a tool for synchronous CMC*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(3), 194-204.
- McDermott, R., et O'Dell, C. (2001). *Overcoming cultural barriers to sharing knowledge*. *Journal of Knowledge Management*, 5(1), 76-85.
- McDonnell, R., et Kemp, K. K. (1995). *International GIS Dictionary*. *GeoInformation International*.

- McDonough III, E. F., Kahn, K. B., et Barczak, G. (2001). *An investigation of the use of global, virtual, and colocated new product development teams*. *Journal of Product Innovation Management*, 18(2), 110-120.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding media: The extensions of man*. MIT press.
- Merton, R. K. (1934). *Durkheim's Division of Labor in Society*. *American Journal of Sociology*, 40(3), 319-328.
- Merzeau, L. (2013). *Traces numériques et recrutement : Du symptôme au cheminement*. Dans *Traces numériques : De la production à l'interprétation* (p. 35-53). CNRS Éditions.
- Meyer, M. (2009). *Objet-frontière ou Projet-frontière ? : Construction, (non-)utilisation et politique d'une banque de données*. *Revue d'anthropologie Des Connaissances*, 3(1), 127-148.
- Moeglin, P. (1986). *La notion de besoins éducatifs: remarques sur l'introduction des nouveaux médias dans l'éducation*. *IDATE*, 23, 89-99.
- Moeglin, P. (1998). *L'industrialisation de la formation : état de la question*. Centre national de documentation pédagogique.
- Moeglin, P. (2005). *Outils et médias éducatifs : une approche communicationnelle*. Presses universitaires de Grenoble.
- Moeglin, P. (2010). *Les industries éducatives*. Presses Universitaires de France.
- Moeglin, P., Auziol, E., Ball, J.-M., Barbot, M.-J., Barna, J., Boucher-Petrovic, N., ... Chaptal, A. (2016). *Industrialiser l'éducation. Anthologie commentée (1913-2012)*. Presses universitaires de Vincennes.
- Montessori, M. (1912). *The Montessori Method: Scientific Pedagogy as Applied to Child Education in "The Children's House", with Additions and Revisions by the Author; Translated from the Italian by Anne E. George; with an Introduction by Professor Henry W. Holmes*. FA Stokes.
- Montessori, M. (1913). *Pedagogical anthropology*. Frederick A. Stokes Company.
- Montjoye, Y.-A., Stopczynski, A., Shmueli, E., Pentland, A., et Lehmann, S. (2014). *The Strength of the Strongest Ties in Collaborative Problem Solving*. *Scientific Reports*, 4(5277).

- Moreland, R. L., et Levine, J. M. (1992). *The composition of small groups* (Vol. Volume 9). Jai Pr.
- Moreland, R. L., Levine, J. M., et Wingert, M. L. (1996). *Understanding Group Behavior* (Vol. Volume 2: Small Group Processes and Interpersonal Relations). New York: Psychology Press.
- Morin, E., et Cyrulnik, B. (2011). *Dialogue sur la nature humaine*. Editions de l'Aube.
- Nadav, A., Wei, P., Cory, I., Inas, K., et Pentland, A. (2011). *Social fMRI: Investigating and shaping social mechanisms in the real world*. *Pervasive and Mobile Computing*, 7(6), 643-659.
- Nejad, R. M. (2013). *The Discursive Manifestation of Past and Present Through the Spatial Organization of the Ashura Procession*. *Space and Culture*, 16(2), 133-160.
- Nelson, H. G., et Stolterman, E. (2014). *The Design Way: Intentional Change in an Unpredictable World* (Second Edition). MIT press.
- Newman, M. (2006). *Modularity and community structure in networks*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577-8582.
- Norman, D. A. (1984). *Stages and levels in human-machine interaction*. *International Journal of Man-Machine Studies*, 21(4), 365-375.
- Norman, D. A. (1991). *Cognitive artifacts*. In J.M. Carroll (Ed.). *Designing interaction Psychology of human computer interface*.
- Norman, D. A. (2005). *Human-centered design considered harmful*. *Interactions*, 12(4), 14-19.
- Norman, D. A. (2013). *Design of Everyday Things: Revised and Expanded* (2nd edition). Basic Books.
- Nowak, M. A., et May, R. M. (1992). *Evolutionary games and spatial chaos*. *Nature*, 359(6398), 826–829.
- Nuvolari, A. (2004). *Collective invention during the British Industrial Revolution: the case of the Cornish pumping engine*. *Cambridge Journal of Economics*, 28(3), 347-363.
- O'Carroll, P. W., et Potter, L. B. (1994). *Suicide Contagion and the Reporting of Suicide: Recommendations from a National Workshop*. *Morbidity and Mortality Weekly Report: Recommendations and Reports*, 43(RR-6), 9, 11-18.

- Olguín, D., Waber, B. N., Kim, T., Mohan, A., Ara, K., et Pentland, A. (2009). *Sensible organizations: Technology and methodology for automatically measuring organizational behavior*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 39(1), 43-55.
- Onnela, J.-P., Waber, B. N., Pentland, A., Schnorf, S., et Lazer, D. (2014). *Using sociometers to quantify social interaction patterns*. Scientific Reports, 4(5604).
- Orlikowski, W. J., et Iacono, C. S. (2001). *Research Commentary: Desperately Seeking the “IT” in IT Research—A Call to Theorizing the IT Artifact*. Information Systems Research, 12(2), 121-134.
- Paulus, P. B., et Dzindolet, M. T. (1993). *Social influence processes in group brainstorming*. Journal of Personality and Social Psychology, 64(4), 575-586.
- Paulus, P. B., Korde, R. M., et Dickson, J. J. (2015). *Asynchronous Brainstorming in an Industrial Setting: Exploratory Studies*. Human Factors, 57(6), 1076-1094.
- Pentland, A. (2015). *Social Physics: How Social Networks Can Make Us Smarter*. Penguin Books.
- Pentland, A., et Heibeck, T. (2010). *Honest signals: how they shape our world*. The MIT Press.
- Peraya, D. (2007). *Pierre MOEGLIN, Outils et médias éducatifs. Une approche communicationnelle*. Communication, 25(2), 278-292.
- Peraya, D. (2008). *Un regard critique sur les concepts de médiatisation et médiation : nouvelles pratiques, nouvelle modélisation*. Les Enjeux de l’information et de la communication.
- Peraya, D., et Deschryver, N. (2003). *Concevoir et mettre en œuvre des dispositifs de formation entièrement ou partiellement à distance*. Staf 17, tecfa, 2003-2004.
- Peraya, D., Piguet, A., et Joye, F. (1999). *Rapport d’information sur les mondes virtuels*. Université de Genève. FPSE. TECFA.
- Philip, C. O. (1985). *Robert Fulton: A biography*. iUniverse.
- Phillips, K. W. (2014). *How diversity makes us smarter: being around people who are different from us makes us more creative, more diligent and harder-working*. Scientific American, p. 311.

- Phillips, K. W., Northcraft, G. B., et Neale, M. A. (2006). *Surface-Level Diversity and Decision-Making in Groups: When Does Deep-Level Similarity Help?* *Group Processes & Intergroup Relations*, 9(4), 467-482.
- Pickering, M. (2007). *Auguste Comte and the Académie des sciences*. *Revue Philosophique de La France et de l'étranger*, 4(132), 437-450.
- Pinheiro, F. L., et Hartmann, D. (2017). *Intermediate Levels of Network Heterogeneity Provide the Best Evolutionary Outcomes*. *Scientific Reports*, 7(1), 15242.
- Postman, N. (1992). *Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*. Vintage.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Radtka, C. (2013). *Construire la société scientifique par l'école. Angleterre, France et Pologne au prisme des manuels de sciences pour les élèves ordinaires (1950-2000)*. École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- Redelinghuys, C. (2000). *Proposed criteria for the detection of invention in engineering design*. *Journal of Engineering Design*, 11(3), 265-282.
- Reffay, C., et Teplovs, C. (2011). Réutilisation d'un corpus pour une nouvelle analyse des réseaux sociaux grâce à l'adaptation de l'outil KSV.
- Reich, J., et Ito, M. (2017). *From Good Intentions to Real Outcomes: Equity by Design in Learning Technologies*. Irvine, CA: Digital Media and Learning Research Hub.
- Richard, O. C. (2000). *Racial Diversity, Business Strategy, and Firm Performance: A Resource-Based View*. *Academy of Management Journal*, 43(2), 164-177.
- Rieder, B. (2010). *Pratiques informationnelles et analyse des traces numériques : de la représentation à l'intervention Information Practices and the Analysis of Digital Traces: From Representation to Intervention*. *Etudes de communication*, (35), 91-104.
- Rieucou, N. (2014). *La correspondance de Condorcet : documents inédits, nouveaux éclairages : Engagements politiques 1775-1792*. Centre International d'Etude du XVIIIe siècle.
- Rimmershaw, R. (1999). *Using conferencing to support a culture of collaborative study*. *Journal of computer assisted learning*, 15(3), 189-200.
- Robinson, K. (2001). *Mind the gap: The creative conundrum*. *Critical Quarterly*, 43(1), 41-45.

- Roque, R., Rusk, N., et Resnick, M. (2016). *Supporting Diverse and Creative Collaboration in the Scratch Online Community*. In *Mass Collaboration and Education* (p. 241-256). Springer.
- Roschelle, J., et Teasley, S. D. (1995). *The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving*. C. O'Malley (Ed.), *Computer supported collaborative learning*, p. 69-97.
- Salomon, G. (1979). *Media and symbol systems as related to cognition and learning*, 71(2), 131-148.
- Sanders, L. (2008). *An evolving map of design practice and design research*. ACM. *Interactions - Designing Games: Why and How*, 15(6), 13-17.
- Sapsed, J., Bessant, J., Partington, D., Tranfield, D., et Young, M. (2012). *Teamworking and Knowledge Management: A Review of Converging Themes*. *International Journal of Management Reviews*, 4(1), 71-85.
- Sarkar, P., et Chakrabarti, A. (2011). *Assessing design creativity*. *Design Studies*, 32(4), 348-383.
- Saunders, R. (2002). *Curious design agents and artificial creativity a synthetic approach to the study of creative behavior*. Department of Architectural and Design Science, Faculty of Architecture, University of Sydney, Sydney.
- Scardamalia, M., et Bereiter, C. (2003). *Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work*. *Encyclopedia of distributed learning*, 269-272.
- Scharmer, O. C. (2001). *Self-transcending knowledge: sensing and organizing around emerging opportunities*. *Journal of Knowledge Management*, 5(2), 137-151.
- Scharmer, O. C., et Kaufer, K. (2013). *Leading from the emerging future: From ego-system to eco-system economies*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers.
- Schuler, D., et Namioka, A. (1993). *Participatory design: Principles and practices*. Hillsdale, NJ: CRC Press.
- Schumpeter, J. A. (1947). *The Creative Response in Economic History*. *The Journal of Economic History*, 7(2), 149-159.
- Scott, J., et Carrington, P. J. (1992). *Social Network Analysis*. Newbury Park CA: Sage.

- Séré, A., et Bassy, A.-M. (2010). *Le manuel scolaire à l'heure du numérique : Une « nouvelle donne » de la politique de ressources pour l'enseignement* (No. 2010-087). Inspection générale de l'Éducation Nationale.
- Shah, J. J., et Vargas-Hernandez, N. (2003). *Metrics for measuring ideation effectiveness*. *Design Studies*, 24(2), 111-134.
- Shaw, M. E. (1976). *Group dynamics: The psychology of small group behavior* (2nd edition). McGraw-Hill.
- Shields, R. (2012). *Cultural Topology: The Seven Bridges of Königsburg, 1736*. *Theory, Culture & Society*, 29(4-5), 43-57.
- Simard, S. W. (2009). *The foundational role of mycorrhizal networks in self-organization of interior Douglas-fir forests*. *Forest Ecology and Management*, 258, S95-S107.
- Simmel, G. (1971). *Georg Simmel on individuality and social forms* (Donald N. Levine: The Heritage of Sociology). The University of Chicago Press.
- Simon, H. A. (1969). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT press.
- Smith, P. G., et Reinertsen, D. G. (1997). *Developing Products in Half the Time: New Rules, New Tools*. John Wiley & Sons.
- Snyder, C. (2003). *Paper prototyping: The fast and easy way to design and refine user interfaces*. Morgan Kaufmann.
- Sprague, D. A., et House, T. (2017). *Evidence for complex contagion models of social contagion from observational data*. *PLoS ONE*, 12(7), e0180802.
- Stahl, G. (2002). *Contributions to a theoretical framework for CSCL*. In *CSCL '02 Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community* (p. 62-71). Boulder, Colorado: ACM.
- Standing, E. M. (1998). *Maria Montessori, her life and work*. NAL.
- Star, S. L. (2010). *This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept*. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5), 601-617.
- Star, S. L., et Griesemer, J. R. (1989). *Institutional Ecology, « Translations » and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology*. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.

- Sternberg, R. J., et Lubart, T. I. (1999). *The concept of creativity: prospects and paradigms*. Cambridge University Press.
- Steward, G. L., et Barrick, M. R. (2000). *Team Structure and Performance: Assessing the Mediating Role of Inrateam Process and the Moderating Role of Task Type*. *The Academy of Management Journal*, 43(2), 135-148.
- Teplovs, C. (2008). *The Knowledge Space Visualizer: A tool for visualizing online discourse*. In *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences*, 1-12.
- Towers, S., Gomez-Lievano, A., Khan, M., Mubayi, A., et Castillo-Chavez, C. (2015). *Contagion in Mass Killings and School Shootings*. *PLoS ONE*, 10(7), e0117259.
- Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Retz.
- Tversky, A., et Kahneman, D. (1974). *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. *Science*, 185(4157), 1124-1131.
- Tversky, A., et Kahneman, D. (1992). *Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty*. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(4), 297–323.
- Underwood, G., et Underwood, J. (2002). *Task effects on co-operative and collaborative learning with computers*. In *Learning with computers* (p. 24-37). London: Routledge.
- Uzzi, B., et Spiro, J. (2005). *Collaboration and Creativity: The Small World Problem*. *American Journal of Sociology*, 111(2), 447-504.
- van Aalst, J., Chan, C., Tian, S. W., Teplovs, C., Chan, Y. Y., et Wan, W. S. (2012). *The knowledge connections analyzer*. In *The future of learning: Proceedings of the 10th international conference of the learning sciences*, (2), 361-365.
- Vérillon, P. (2005). *Processus productifs et constructifs dans les activités physiques et sportives: la place de l'instrument*. In *Impulsion 4: Recherches en didactique des APS, de l'EPS, des STAPS*, p. 305-325.
- Vinck, D. (2009). *De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : Vers la prise en compte du travail d'équipement*. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(1), 51-72.
- Vygotsky, L. (1978). *Interaction between learning and development*. *Readings on the development of children*, 23(3), 34-41.

- Waber, B. N., Olguin Olguin, D., Kim, T., et Pentland, A. (2010). *Productivity Through Coffee Breaks: Changing Social Networks by Changing Break Structure*. SSRN Electronic Journal.
- Walls, J. G., Widmeyer, G. R., et El Sawy, O. A. (2004). *Assessing information system design theory in perspective: how useful was our 1992 initial rendition?* JITTA : Journal of Information Technology Theory and Application, 6(2), 43-58.
- Wasserman, S., et Faust, K. (1994). *Social Network Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Watts, D. J. (2004). *The “New” Science of Networks*. Annual Review of Sociology, 30, 243-270.
- Watts, D. J., et Strogatz, S. H. (1998). *Collective dynamics of ‘small-world’ networks*. Nature, 393(6684), 440-442.
- Weaver, W. (1949). *A mathematical theory of communication*. Scientific American, 181(1), 11-15.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Wiener, N. (1988). *The human use of human beings: Cybernetics and society*. Perseus Books Group.
- Wiley, D. A. (2001). *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy*. In *The Instructional Use of Learning Objects*. Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications & Technology.
- Williams, G. C. (2008). *Adaptation and natural selection: A critique of some current evolutionary thought*. Princeton, New Jersey: Princeton university press.
- Williams, K. Y., et O’Reilly III, C. A. (1998). *Demography and diversity in organizations: A review of 40 years of research*. Research in organizational behavior, 20, 77-140.
- Willingham, D., et Price, D. (2009). *Theory to Practice Vocabulary Instruction in Community College Developmental Education Reading Classes: What the Research Tells Us*. Journal of College Reading and Learning, 40(1), 91-105.
- Woolley, A. W., Aggarwal, I., & Malone, T. W. (2015). *Collective intelligence and group performance*. Current Directions in Psychological Science, 24(6), 420-424.

Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., et Malone, T. W. (2010). *Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups*. *Science*, 330(6004), 686-688.