

# THÈSE

En vue de **l'obtention** du  
DOCTORAT DE **L'UNIVERSITÉ** DE TOULOUSE

Délivré par l'Université Toulouse 2 - Jean Jaurès

Présentée et soutenue par

Sandrine MOSCHETTI-ROME

Le 14 décembre 2022

**Recherche d'information dans un hypertexte et acceptation des  
tablettes, chez des élèves de cycle 3 : effets d'aperçus de contenu,  
d'habiletés et du sentiment d'efficacité personnelle**

Une étude menée en condition écologique

Ecole doctorale : CLESCO - Comportement, Langage, Education, Socialisation,  
Cognition

Spécialité : Psychologie

Unité de recherche :

CLLE - Unité Cognition, Langues, Langage, Ergonomie

Thèse dirigée par

**Franck AMADIEU et CECILE VANDE LEEMPUT**

Jury

**M. André TRICOT**, Rapporteur

**Mme Mireille BETRANCOURT**, Rapporteuse

**Mme Anna POTOCKI**, Examinatrice

**M. Franck AMADIEU**, Directeur de thèse

**Mme Cécile VAN DE LEEMPUT**, Co-directrice de thèse

# REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je souhaite témoigner toute ma reconnaissance.

Pour commencer, j'adresse toute ma gratitude, à Franck Amadiou, mon directeur de thèse et à Cécile van de Leemput, ma co-directrice de thèse. Leur accompagnement pédagogique, méthodologique, socio-affectif et motivationnel a été primordial.

Pour leurs conseils, apports de connaissances et témoignages de soutiens, je remercie également les personnels et membres associés du laboratoire CLLE, de l'école doctorale CLESCO, de l'Université de Toulouse 2 Jean Jaurès et des laboratoires partenaires, avec une pensée particulière à l'intention de Julie Mulet, Pierre-Vincent Paubel, Aline Chevalier, Ladislao Salmerón, Nathalie Huet, Jacques Py, Claudine Garcia-Debanc, Jean-Christophe Sakdavong, Julie Lemarié, Colin Lascaret, Nathalie Tullio, Jan van der Linden et Delphine Rouquet.

Un grand merci aux stagiaires du laboratoire CLLE : Lucile, Robin, Marianne et Margaux pour leurs contributions dans le traitement des données expérimentales. J'espère avoir contribué à leurs projets d'études et leur avoir transmis l'envie de faire de la recherche.

Ensuite, je suis très reconnaissante envers les personnels de l'Education nationale, les parents et les enfants, pour l'intérêt qu'ils ont apporté à ce travail, pour leur coopération et pour leur participation. J'espère qu'ensemble nous prolongerons ce travail de thèse, dans l'objectif de favoriser la littératie numérique des enfants.

Enfin, j'adresse mes remerciements à ma famille dont les témoignages quotidiens d'affection, de patience et de réconfort ont été d'un grand soutien, durant mes moments de doute, parfois de découragement. Avec tendresse, je remercie Gilles, mon mari, Juliette, ma fille, Adrien, mon fils et Giulia, ma nièce, pour leur travail de relecture et la réalisation des figures.

Bien sincèrement, à tous et à toutes, un grand merci.

*“C'est ce que nous pensons déjà connaître qui nous empêche souvent d'apprendre.”*

*Claude Bernard (1865)*

# RESUME

Pour préparer nos futurs citoyens à vivre, travailler, exercer leurs droits et leurs devoirs, de manière autonome, dans notre société, à l'ère du numérique, il est important de développer, la littératie numérique scolaire des enfants, dès l'école primaire. Pour aller dans ce sens, les écoles sont de plus en plus équipées en matériel numérique mobile : en particulier des tablettes. Pourtant, dans la littérature scientifique, les conditions de réussite et de limite de l'usage des tablettes pour les apprentissages ne sont pas claires. Les tablettes seraient plus adaptées pour réaliser des activités de lecture que des activités d'écriture. Cependant, d'après les résultats de rares travaux menés chez des enfants, les tablettes entraveraient aussi les apprentissages en lecture, chez ceux qui ont peu d'habiletés en lecture sur papier. En même temps, les enfants ont tendance à penser que les tablettes sont utiles et faciles à utiliser, pour réaliser des activités de lecture. Il semblerait qu'ils ne se réfèrent pas à des critères objectifs pour évaluer les qualités instrumentales des tablettes. Toutefois, l'état de l'art n'est pas clair, non plus, sur cette question. Ainsi, dans cette thèse, nous avons examiné chez des enfants de fin d'école primaire, le potentiel de nouvelles variables (une carte navigable de la structure d'un hypertexte, des habiletés en lecture sur papier et le sentiment d'efficacité personnelle en lecture) à déterminer d'une part, les processus cognitifs sous-jacents à une tâche de recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette et, d'autre part, l'acceptation des tablettes pour réaliser cette tâche. Les résultats ont montré que des enfants utilisent spontanément une carte navigable, alors qu'elle n'est pas imposée. Il semblerait que ce soit la fonctionnalité « navigable » qui les intéresse. En effet, les élèves n'ont quasiment pas utilisé une carte statique. Ensuite, en accord avec l'état de l'art, globalement, une carte navigable a soutenu la recherche d'information, mais cet effet était nuancé selon les types de question. Enfin, la carte navigable ne prédisait pas les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette mais les perceptions vis-à-vis du matériel de lecture lu sur la tablette. Du côté des ressources internes, les résultats ont montré qu'il est important de considérer à la fois les aspects cognitifs et les aspects motivationnels. Plus précisément, les habiletés en lecture prédisaient plutôt les performances alors que le sentiment d'efficacité personnelle en lecture prédisait plutôt les perceptions de difficultés en recherche d'information et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture-support de la recherche d'information. Ainsi, ces perceptions seraient en partie dues aux croyances initiales de l'élève quant à son sentiment d'efficacité personnelle à réaliser la tâche.

Mots-clefs : hypertexte, tablette, carte navigable, habiletés, sentiment d'efficacité personnelle, recherche d'information, acceptation, école élémentaire

# ABSTRACT

In order to prepare our future citizens to live, work, exercise their rights and duties, in an autonomous way, in our society, it is important to develop the digital literacy of children, from elementary school. To do this, schools are equipped with mobile digital equipment: in particular tablets. However, according to the state of the art, the conditions of success and limits of the use of tablets for learning are not clear. The compatibility between the characteristics of the users and those of the tablets would be better for reading activities than for writing activities. However, the results of some rare work with children suggest that the tablet hinders learning in reading for those who have little ability to read on paper. At the same time, children tend to think that tablets are useful and easy to use in reading. It would seem that they do not refer to objective criteria to evaluate the instrumental qualities of tablets. However, the state of the art is not clear on this issue. Thus, in this thesis, we investigated with elementary school children potential predictors of the cognitive processes underlying an information retrieval task in hypertext read on a tablet and the acceptance of tablets to perform this task. Specifically, we examined the effect of a navigable map of the content structure of the hypertext, information-seeking skills in a printed nonlinear document, and self-efficacy about documentary reading. The results showed that children spontaneously use a navigable map without it being imposed on them. It would be the "navigable" feature that interests them because they hardly ever used a non-navigable map. Secondly, it appears that the navigable map supported cognitive processes, but this effect was nuanced according to the types of questions to be answered. Finally, the navigable map did not predict perceptions of the instrumental qualities of the tablet, but perceptions of the reading material read on the tablet. On the internal resources side, the results showed that it is important to consider both cognitive and motivational aspects. More precisely, skills would rather predict performance, whereas the feeling of personal effectiveness would rather predict perceptions of difficulties in searching for information and of the instrumental qualities of the reading material. Thus, these perceptions would be due in part to the student's initial beliefs about his/ her self efficacy to perform the task. However, the status of "internal resources" is discussed regarding self-efficacy.

Keywords : hypertext, tablet, navigable overview, skills, self-efficacy, information seeking, acceptance, elementary school

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>11</b>
<b>PARTIE 1 : LE PROBLEME DU TERRAIN .....</b>	<b>18</b>
<b>Chapitre 1 : Eléments contextuels du problème du terrain .....</b>	<b>19</b>
<b>1. La littératie numérique solaire : origine, principes et enjeux.....</b>	<b>20</b>
<b>2. La place de la littératie numérique scolaire dans le socle commun et les programmes d'enseignement.....</b>	<b>21</b>
2.1. A propos des objectifs et des tâches .....	21
2.2. A propos de l'équipement numérique des écoles .....	22
2.3. Activités et documents inscrits au programme du cycle 3 .....	23
<b>3. Les caractéristiques des documents composites et des hypertextes.....</b>	<b>24</b>
3.1. Qu'est-ce qu'un document composite ?.....	24
3.2. Comparaison entre un document non linéaire imprimé et un hypertexte .....	26
<b>4. Evaluation et suivi des apprentissages en fin d'école primaire .....</b>	<b>33</b>
4.1. Des programmes d'évaluation et de suivi nationaux et internationaux .....	33
4.2. Nature des performances en lecture sur papier et en lecture numérique .....	35
<b>5. Conclusion du chapitre 1 .....</b>	<b>37</b>
<b>PARTIE 2 : CADRE THEORIQUE.....</b>	<b>40</b>
<b>Introduction de la partie théorique .....</b>	<b>41</b>
<b>Chapitre 2 : Pourquoi la recherche d'information dans un hypertexte est une activité complexe ? .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Quels sont les processus cognitifs sous-jacents à une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents ? Quelles ressources sont impliquées ?.....</b>	<b>43</b>
1.1. Le modèle MD-TRACE.....	45
1.2. Le modèle RESOLV .....	48
<b>2. Quels facteurs déterminent la charge cognitive ? .....</b>	<b>49</b>
2.1. La Théorie de la charge cognitive : principes généraux .....	49
2.2. Application des principes de la Théorie de la charge cognitive à une tâche de recherche d'information dans un hypertexte.....	51
<b>3. Conclusion du chapitre 2 .....</b>	<b>57</b>
<b>Chapitre 3 : Approfondissement sur l'implication des ressources dans une activité de recherche d'information.....</b>	<b>59</b>
<b>1. Effet de ressources internes : aspects cognitifs et motivationnels.....</b>	<b>60</b>
1.1. L'implication des habiletés dans les procédures et mécanismes de base en lecture-compréhension ..60	
1.2. Implication du sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis d'une tâche de lecture et de l'utilisation du numérique.....	67
<b>2. Effet d'une ressource externe : un aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte .....</b>	<b>71</b>
<b>3. Conclusion du chapitre 3 .....</b>	<b>76</b>
<b>Chapitre 4 : L'acceptation des tablettes pour apprendre, chez des enfants .....</b>	<b>79</b>

<b>1. Les tablettes sont-elles utiles et faciles à utiliser pour réaliser des apprentissages, en fin d'école primaire ?</b> .....	<b>80</b>
1.1. Les critères et conclusions des scientifiques quant à l'effet des tablettes sur les apprentissages .....	80
1.2. Les critères et conclusions des enfants quant aux qualités instrumentales de la tablette pour l'apprentissage .....	82
<b>2. De l'utilité et de la facilité d'usage d'un point de vue objectif à l'utilité et à la facilité d'usage perçues</b> .....	<b>83</b>
2.1. L'évolution des modèles conceptuels de l'acceptabilité et de l'acceptation .....	83
2.2. La place de l'utilité et de la facilité d'usage à travers les différents modèles conceptuels .....	85
2.3. Les déterminants des perceptions de qualités instrumentales .....	89
2.4. Les déterminants de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette .....	89
2.5. Relations entre le SEP vis-à-vis de la tâche de lecture et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis d'une carte de contenu .....	90
<b>3. Conclusion du chapitre 4</b> .....	<b>90</b>
<b>SYNTHESE ET PROBLEMATIQUE</b> .....	<b>92</b>
<b>PARTIE 3 : EXPERIMENTATIONS</b> .....	<b>97</b>
<b>Chapitre 5 : Effets de ressources internes et d'une carte navigable (étude 1)</b> .....	<b>98</b>
<b>1. Objectifs</b> .....	<b>98</b>
<b>2. Hypothèses</b> .....	<b>101</b>
<b>3. Méthode</b> .....	<b>103</b>
3.1. Les participants.....	103
3.2. Matériels.....	104
3.3. Procédure .....	119
<b>4. Résultats</b> .....	<b>123</b>
4.1. Analyse des profils et des équivalences des groupes .....	124
4.2. Analyse de l'utilisation de la carte navigable.....	126
4.3. Analyse des effets de la carte navigable et des ressources internes .....	126
<b>5. Discussion et perspectives</b> .....	<b>135</b>
5.1. Rappel des objectifs de l'étude 1 par rapport aux objectifs de la thèse .....	135
5.2. Synthèse des principaux résultats de l'étude 1 .....	136
5.3. Les apports de l'étude 1 .....	140
5.4. Les limites et perspectives de l'étude 1 .....	140
<b>6. Conclusion du chapitre 5</b> .....	<b>141</b>
<b>Chapitre 6 : Etude méthodologique pour améliorer l'outil de mesure des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes (étude 2)</b> .....	<b>143</b>
<b>1. Objectifs</b> .....	<b>143</b>
<b>2. Eléments théoriques complémentaires : mesure explicite et mesure implicite des perceptions</b> .....	<b>144</b>
2.1. Recommandations pour la conception d'un outil de mesure des perceptions chez des enfants .....	144
2.2. Mesure implicite des perceptions .....	145
<b>3. Hypothèses</b> .....	<b>149</b>
<b>4. Méthode</b> .....	<b>149</b>
4.1. Les participants .....	149
4.2. Matériel et procédure .....	150
<b>5. Résultats</b> .....	<b>156</b>

5.1. Effectifs des élèves ayant participé au test.....	156
5.2. Analyse des données initiales (pré-tâche), selon les conditions de guidage et les outils de mesure utilisés.....	156
5.3. Analyse des données collectées en post-tâche, selon les conditions de guidage et les outils de mesure.....	158
<b>6. Discussion et perspectives.....</b>	<b>160</b>
6.1. Rappel des objectifs et hypothèses de l'étude 2.....	160
6.2. Synthèse des résultats. Apports et limites.....	161
<b>7. Conclusion du chapitre 6.....</b>	<b>162</b>
<b>Chapitre 7 : Effets de ressources internes, des conditions de support et de guidage (étude 3) ..</b>	<b>163</b>
<b>1. Objectifs.....</b>	<b>163</b>
<b>2. Hypothèses.....</b>	<b>164</b>
<b>3. Méthode.....</b>	<b>167</b>
3.1. Les participants.....	167
3.2. Matériels.....	168
3.3. Procédure.....	174
<b>4. Résultats.....</b>	<b>175</b>
<b>5. Discussion et perspectives.....</b>	<b>182</b>
5.1. Rappel des objectifs de l'étude 3.....	182
5.2. Synthèse des résultats.....	182
5.3. Les apports de l'étude 3.....	185
5.4. Les limites.....	187
<b>6. Conclusion du chapitre 7.....</b>	<b>188</b>
<b>Chapitre 8 : Effets des ressources internes, des conditions de guidage et des types de question (étude 4) ..</b>	<b>190</b>
<b>1. Objectifs.....</b>	<b>190</b>
<b>2. Hypothèses.....</b>	<b>192</b>
<b>3. Méthode.....</b>	<b>197</b>
3.1. Participants.....	197
3.2. Matériels.....	197
3.3. Procédure.....	204
<b>4. Résultats.....</b>	<b>205</b>
4.1. Analyse descriptive du profil initial des élèves.....	206
4.2. Analyse des taux d'utilisation de la carte statique et de la carte navigable.....	206
4.3. Analyse des effets des conditions de guidage et des ressources internes, sur le SEP pré-tâche.....	207
4.4. Analyse des effets des conditions de guidage, des types de question et des ressources internes, sur l'efficacité de la navigation et sur les performances.....	208
4.5. Effets des conditions de guidage et des ressources internes, sur les difficultés perçues et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture.....	214
<b>5. Discussion et perspectives.....</b>	<b>217</b>
5.1. Rappel des principaux objectifs.....	217
5.2. Synthèse des résultats de l'étude 4.....	218
5.3. Apports, limites et perspectives.....	223
<b>6. Conclusion du chapitre 8.....</b>	<b>225</b>
<b>DISCUSSION GENERALE.....</b>	<b>226</b>

<b>1. Introduction.....</b>	<b>226</b>
<b>2. Synthèse des résultats et leur situation par rapport à l'état de l'art.....</b>	<b>227</b>
2.1. Effets des habiletés en recherche d'information et du SEP en lecture documentaire, sur la recherche d'information et sur l'acceptation.....	227
2.2. Effets de la carte navigable, sur l'efficacité de la recherche d'information dans un hypertexte et sur l'acceptation des tablettes.....	230
2.3. Interactions de la carte navigable avec les ressources internes.....	232
<b>3. Limites et perspectives.....</b>	<b>233</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>235</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>236</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>257</b>
Annexe 1 : Matériaux de l'étude 1.....	257
Annexe 2 : Matériaux de l'étude 2.....	265
Annexe 3 : Matériaux de l'étude 3.....	273
Annexe 4 : Matériel d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé (utilisé pour les études 3 et 4).....	275

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Une planche documentaire (exemple de document non linéaire imprimé).....	27
Figure 2 : Trois captures d'écran extraites d'un simulateur de site internet utilisé pour l'évaluation internationale ePIRLS 2016. ....	30
Figure 3 : Comparaison des caractéristiques entre une planche documentaire imprimée et un simulateur d'un site web. Figure inspirée d'un graphique d'André Tricot (2007, p.19).....	31
Figure 4 : Multiple-Document Task-based Relevance Assessment and Content Extraction (Rouet & Britt, 2011, p 27).....	45
Figure 5 : Modèle de l'engagement dans la lecture, d'après Guthrie & Wigfield ( 2017) .....	69
Figure 6 : Représentation simplifiée des liens d'influence entre les différentes approches des études en ergonomie. Inspirée de la figure d'Alexandre et al. (2018) .....	84
Figure 7 : Le modèle des composantes de l'Expérience-Utilisateur, Mahlke (2007).....	88
Figure 8 : Schéma des principales hypothèses de la thèse, en condition numérique.....	95
Figure 9 : Vues de l'écran de la tablette, selon les conditions de guidage (étude 1) .....	107
Figure 10 : Schéma récapitulatif des logiciels utilisés pour préparer et publier les hypertextes. Puis, extraire et traiter les traces de navigation .....	123
Figure 11 : Effet du SEP initial en lecture documentaire sur l'économie, selon les conditions de guidage .....	128
Figure 12 : Effet du SEP initial sur les performances, selon les conditions de guidage .....	130
Figure 13 : Le parcours de navigation expert pour répondre à la question 1 (flèches vertes) .....	132
Figure 14 : Graphique de navigation d'un élève qui travaillait en condition « sans carte »..	133
Figure 15 : Graphique de navigation caractéristique du 2 <sup>ème</sup> comportement de navigation observés en condition « carte navigable » (parcours expert). ....	135
Figure 16 : Modélisation des principaux résultats de l'étude 1. ....	139
Figure 17 : Extrait de l'échelle de Likert bipolaire testée pour la mesure mesure explicite de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette .....	152
Figure 18 : Extrait du Test d'Association Implicite (bloc A) retenu à l'issue de la phase de pré-test, pour la mesure implicite de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette.....	153
Figure 19 : FUP en post-tâche selon l'outil de mesure et les conditions de guidage .....	159
Figure 20 : Correspondances lexicales, entre la carte, les sous-titres et les mots hyperliés, dans les textes de contenu .....	170
Figure 21 : Modélisation des principaux résultats de l'étude 3 .....	184
Figure 22 : Schéma des relations observées entre les variables chez les élèves travaillant sur tablette .....	185

Figure 23 : Vue d'un nœud de hypertexte « La planète Mars », en condition « sans carte »	199
Figure 24 : Vue d'un nœud de hypertexte « La planète Mars », en condition « carte statique ». La carte est visible en miniature (à gauche) et en plein écran (à droite).	199
Figure 25 : Vue d'un nœud de hypertexte « La planète Mars », en condition « carte navigable ». La carte est visible en miniature (à gauche) et en plein écran (à droite).	200
Figure 26 : Taux de précision, selon les conditions de guidage et les types de question	210
Figure 27 : Taux d'économie, selon les conditions de guidage et les types de question	211
Figure 28 : Performances moyennes, selon les types de question et les conditions de guidage	214
Figure 29 : Modèle de relations entre les variables, pour l'étude 4	223

# INTRODUCTION GENERALE

Cette thèse s'inscrit dans un contexte d'apprentissage scolaire en fin d'école primaire.

Dans ce manuscrit, selon les contenus, nous utilisons les termes « enfant », « élève », « apprenant », « participant », « public-cible », « utilisateur », pour désigner des individus de la population étudiée.

La mission principale de l'Ecole est de permettre à tous les élèves d'acquérir le socle commun de connaissances, de compétences et de culture, durant leur scolarité obligatoire. Ce socle est considéré comme nécessaire pour permettre à chacun de poursuivre et réussir ses études, de développer ses projets personnels et professionnels et plus largement, de réussir sa vie de futur citoyen. Pour ce faire, les programmes d'enseignement visent à développer chez tous les élèves, la littératie scolaire (Bautier & Rayou, 2013) : c'est-à-dire la capacité à accéder, comprendre et utiliser l'écrit pour répondre à un besoin d'information, de communication et de production, dans un contexte d'apprentissage scolaire. En termes de mise en œuvre, une tâche classique, en lecture documentaire, consiste à rechercher des informations dans un document pour répondre à une question donnée. Dès qu'ils commencent à savoir déchiffrer en autonomie (mi-CP, début CE1), les élèves apprennent à réaliser cette tâche, à partir d'un document isolé imprimé. Puis, progressivement, le matériel de lecture se complexifie. A partir du cycle 3 (CM1, 9 ans), les élèves réalisent des tâches de recherche d'information dans un document non linéaire imprimé comme une double-page d'un manuel scolaire. Cependant, comme notre société se trouve à l'ère du numérique, l'Ecole et les collectivités territoriales doivent aussi donner aux enfants les moyens de développer des ressources leur permettant d'accéder, de comprendre et d'utiliser, l'écrit présenté sur un support numérique ou au moyen d'un appareil numérique : c'est-à-dire développer, chez tous les élèves, la littératie numérique scolaire (Ferone, Richard-Principalli, & Crinon, 2016).

L'acquisition de connaissances et de compétences numériques au cours de la scolarité obligatoire n'est pas un objectif récent de l'Ecole. Il est intégré dans le socle commun, depuis 2007. Mais à ce moment-là, les apprentissages numériques étaient inscrits en tant que pilier du socle (pilier 4 : La maîtrise des techniques usuelles de l'information et de la communication) au lieu d'occuper une place transversale au service des apprentissages. En

cohérence avec le paradigme « enseigner des TICE<sup>1</sup> », les situations d'apprentissage étaient mises en œuvre dans une salle dédiée : « la salle informatique ». De plus, les plans numériques pour l'éducation successifs se sont heurtés à des questions vives à propos de la place du numérique dans les écoles primaires, comme : *La lecture numérique ne risque-t-elle pas d'entraver l'acquisition des connaissances et compétences de base en lecture ? Le numérique n'est-il pas mauvais pour la santé des enfants ? Les enfants en tant que Digital Natives ont-ils vraiment besoin d'apprendre à lire, comprendre et utiliser des documents et appareils numériques ?...* (Amadiou & Tricot, 2020).

Aujourd'hui, dans l'ensemble, il fait consensus que la question n'est plus de savoir s'il est « bon » de mettre les enfants en situation d'apprendre à lire, utiliser, comprendre des écrits numériques mais de savoir comment permettre à des enfants d'apprendre à lire, comprendre et utiliser ces matériels de lecture. Comme l'ont écrit Jean-François Rouet et ses collaborateurs : « *Il paraît difficile de préparer les futurs citoyens à un usage maîtrisé des technologies de l'information sans revoir profondément notre manière de concevoir la lecture et son enseignement, tant dans l'enseignement primaire que secondaire.* » (Rouet & Potocki, in Bianco & Lima, 2017, partie 1, chapitre 2, p.50).

Dans la dernière version du socle commun (2015), les apprentissages numériques occupent une place transversale dans les cinq domaines du socle. Ceci s'est traduit par une évolution des programmes d'enseignement et la transformation de l'équipement numérique des écoles. Les programmes d'enseignement de 2015 puis ceux en vigueur durant la période de cette thèse (2020) fixent le cadre de la mise en œuvre des apprentissages liés au socle commun de 2015. Au cycle 3 (du CM1 à la 6<sup>ème</sup> incluse), la lecture de documents numériques fait partie des apprentissages en lecture documentaire, dans toutes les disciplines mais plus particulièrement en sciences, en histoire et en géographie.

Les documents numériques sont des documents lus sur un écran. Cela concerne un vaste ensemble de documents. Cette thèse s'intéresse aux « *documents avec des liens hypertextes* » (Ministère de l'Education Nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2020, Programme du cycle 3, p.16). Ce sont des documents complexes constitués d'un ensemble de documents traitant d'un même thème, issus de différentes sources : ce sont donc des documents multiples. Ils contiennent souvent des informations linguistiques et iconiques : dans ce cas, au sens donné par Mayer (2017), ce sont des documents multimédias ou plus exactement des hypermédias. Ils sont accessibles en ligne, normalement via un espace numérique de travail qui limite l'accès à des sites dédiés à la jeunesse. Les hypermédias sont complexes à utiliser pour des enfants de fin d'école primaire, entre autres, pour des

---

<sup>1</sup> Technologies de l'information, de la communication pour l'enseignement

raisons liées à l'hétérogénéité des codes de l'information, à l'hétérogénéité des sources ainsi qu'à la non-linéarité et à la fragmentation de l'information. Pour mieux examiner les difficultés liées à la fragmentation et la non-linéarité de l'information, dans cette thèse, nous avons mis de côté les aspects multimédias. Pour cette raison, dans la suite de ce manuscrit, nous utilisons préférentiellement le terme « hypertexte » plutôt que le terme « hypermédia ». Nous avons également mis de côté les aspects multisources car le traitement des sources concerne plutôt les élèves à partir du collège. Bien que la recherche d'information dans un hypertexte/hypermédia soit inscrite au programme du cycle 3, réussir cette tâche, en autonomie, est un objectif du collège voire du lycée. A ce propos, dans son dossier de synthèse, le jury de la Conférence de consensus : Lire, comprendre, apprendre - Comment soutenir le développement de compétences en lecture ? (Conseil national de l'évaluation du système scolaire, 2016), en cohérence avec le besoin de développer la littératie numérique scolaire dès l'école primaire, ne déconseille pas l'utilisation d'hypertextes à l'école primaire. Cependant, il recommande de mettre en place un étayage :

*« Les documents multimédias nécessitent plus de compétences que les simples documents papier. En effet, outre le fait que le « feuilletage » du texte électronique engendre souvent une surcharge cognitive, certains des processus nécessaires à l'utilisation habile de ces documents ne sont pas accessibles à la plupart des élèves avant l'adolescence [...]. Ainsi, l'utilisation et la compréhension des hypertextes sont difficiles et nécessitent des stratégies de navigation. À l'école primaire, il faudra donc rendre la tâche accessible en l'allégeant et en assistant fortement les élèves dans l'utilisation de ce type de documents. » (CNETSCO, 2016, note de synthèse, p.11).*

Pour permettre le développement de la littératie numérique scolaire, l'équipement numérique des écoles a évolué, au fil des plans numériques pour l'éducation successifs. Désormais, les apprentissages numériques cantonnés à une salle informatique, avec des appareils fixes, sont révolus. En cohérence avec les principes de la littératie numérique scolaire, les équipements ont évolué pour répondre aux besoins d'un usage mobile et flexible : à tout moment d'une séance d'apprentissage, que ce soit dans une salle de classe ou lors de séances en « classe en plein air ». Dans les écoles primaires, l'équipement mobile se présente souvent sous la forme de classes mobiles de tablettes et/ou de PC (ultra)portables. Cependant, les tablettes utilisées à l'école sont des produits « grand public ». Les connaissances scientifiques, sur la compatibilité entre les caractéristiques des enfants et les propriétés des tablettes pour réaliser des tâches de lecture, sont minces. De plus, les connaissances scientifiques sur les moyens d'assister des enfants de fin d'école primaire

lorsqu'ils utilisent un hypertexte lu sur une tablette sont également minces : en l'occurrence, pour une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Cela soulève des questions à la fois du côté des processus cognitifs sous-jacents à cette tâche et du côté de l'acceptation des tablettes pour réaliser cette tâche.

C'est dans ce contexte qu'entre 2016 et 2017, en lien avec le Plan numérique pour l'éducation 2015-2017, des écoles et collèges « préfigurateurs », volontaires pour participer à des études pilotes ont été équipés en tablettes iPad. Les enseignant.e.s et leurs formateur.trice.s avaient pour « mission » d'interroger les conditions de réussite, d'apprécier les apports, les difficultés et les limites d'usages de ces équipements pour l'apprentissage des élèves. Pour ce faire, des écoles et collèges de l'académie de Toulouse ont bénéficié de l'accompagnement de chercheurs, dans le cadre de formations et d'accompagnements in situ associés au projet de recherche partenarial Franco-Belge LETACOP<sup>2</sup>. Ce projet, soutenu par l'ANR<sup>3</sup>, était conjointement porté par deux laboratoires : le laboratoire de Cognition Langue Langage et Ergonomie (Université de Toulouse) qui apportait une expertise sur les processus d'apprentissage avec les technologies et le Centre de Recherche sur les Technologies de l'Information et de la Communication et le Centre de Recherche en Psychologie du Travail et de la Consommation - CR PsyTC (Université Libre de Bruxelles) qui apportait une expertise dans l'étude de l'acceptation des technologies. Le but du projet LETACOP était de proposer, d'une part, un cadre « de bonnes pratiques » dans l'utilisation des tablettes pour l'enseignement-apprentissage et, d'autre part, un cadre théorique pour décrire, interpréter mais aussi prédire les performances des élèves et l'acceptation des tablettes. Le projet proposait deux principaux axes de recherche. Le premier axe cherchait à tester de nouvelles variables (subjectives et objectives) pour enrichir les modèles de l'acceptabilité et de l'acceptation dans le contexte particulier d'une tâche d'apprentissage de lecture-compréhension ou de recherche d'information dans un hypertexte (site web ou manuel interactif). Pour ces mêmes tâches, le deuxième axe cherchait à examiner, d'une part, les relations entre les variables prédictives de l'acceptation et le comportement de l'apprenant (en termes de stratégies pour réaliser la tâche) et, d'autre part, les relations entre ce comportement et l'acceptation des tablettes. Cette thèse s'inscrit principalement dans le premier axe de recherche, avec une focale sur une tâche de recherche d'information, chez des enfants de fin d'école primaire. Toutefois, nous abordons également le deuxième axe de recherche dans le sens où nous envisageons que lesdites « nouvelles variables » prédictives de l'acceptation de la tablette soient également des variables prédictives de l'efficacité des processus cognitifs sous-jacents à la tâche de recherche d'information dans l'hypertexte lu

---

<sup>2</sup> LEarning with Tablets: Acceptance and COgnitive Processes

<sup>3</sup> Agence nationale de la recherche

sur la tablette. Pour autant, nous n'examinons pas les relations entre les processus cognitifs et l'acceptation. Au-delà d'enrichir les connaissances théoriques et méthodologiques de la recherche, nous envisageons que les résultats débouchent sur des recommandations pédagogiques.

Pour aller dans ce sens, dans la première partie de ce manuscrit (chapitres 1 à 4), nous rendons compte de notre documentation. Dans le chapitre 1, nous étudions des éléments contextuels du problème du terrain : à savoir, les enjeux liés au développement de la littératie numérique scolaire, les programmes d'enseignement du cycle 3 (avec une focale sur la recherche d'information pour répondre à une question, les caractéristiques des documents utilisés), les tablettes et enfin la nature des performances des enfants, aux évaluations nationales et internationales organisées en fin d'école primaire, en recherche d'information. Puis, au regard du problème du terrain, nous poursuivons la consultation de l'état de l'art, selon deux directions :

1. Documenter les difficultés que rencontrent les élèves lorsqu'ils recherchent des informations dans un hypertexte (chapitres 2 et 3). Plus précisément, dans le chapitre 2, nous étudions des modèles théoriques récents de la lecture fonctionnelle. Cela permet de décrire les processus cognitifs sous-jacents et de positionner les principaux facteurs impliqués dans ces processus (en termes de caractéristiques de l'apprenant et de ressources externes mises à sa disposition). Puis ces modèles sont mis en perspective avec la Théorie de la charge cognitive. Dans le chapitre 3, les connaissances sur l'implication de caractéristiques de l'apprenant en tant que ressources internes (aspects cognitifs et motivationnels) et de ressources externes (un dispositif de guidage comme une carte graphique de la structure physique et sémantique de l'hypertexte) sont approfondies.
2. Connaître l'état de l'art sur l'acceptation des tablettes pour l'apprentissage, chez les enfants (chapitre 4).

Cette documentation permet de définir une problématique et de positionner la partie empirique selon quatre études :

1. L'étude 1 est présentée dans le chapitre 5. Elle vise à examiner, chez des enfants, l'implication de caractéristiques de l'apprenant (ses habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et son sentiment d'efficacité personnelle en lecture documentaire) et l'implication d'une carte navigable, sur l'efficacité de l'activité de l'élève et sur l'acceptation des tablettes, pour une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Ensuite, avant

d'aller plus en avant vers l'objectif principal de la thèse, dans l'intervalle, une 2<sup>ème</sup> étude, à visée méthodologique, est réalisée.

2. L'étude 2 : l'objectif est d'améliorer la sensibilité de l'échelle de mesure explicite, auprès d'enfants, des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes. En même temps, les intérêts et les limites d'utiliser une échelle de Likert (mesure explicite) par rapport à un Test d'association implicite (mesure implicite) sont examinés. Cette étude est présentée dans le chapitre 6.
3. Au cours de l'étude 3 (chapitre 7), nous contrôlons les conditions de support (papier VS hypertexte). Il s'agit d'abord de vérifier que la recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette est une activité complexe pour des enfants de fin d'école primaire alors qu'ils ont l'habitude de travailler à partir d'un document non linéaire imprimé. Il s'agit aussi de tester la transférabilité des habiletés acquises à partir d'un support papier, à un support numérique (hypertextué) et la possibilité que des élèves ayant peu de ressources internes (ressources personnelles) pour rechercher des informations sur papier soient en réussite sur tablette grâce à une carte navigable. Enfin, nous testons, avec la nouvelle échelle de mesure conçue lors de l'étude 2, les effets de la carte navigable et des caractéristiques des enfants sur leurs perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette.
4. Enfin, l'objectif de l'étude 4 (chapitre 8) est de tester la disponibilité et la navigabilité d'une carte selon les types de question que les enfants doivent traiter, toujours sur l'efficacité des processus cognitifs sous-jacents et sur l'acceptation. De plus, nous testons les effets des caractéristiques des enfants et de conditions de guidage durant la phase de familiarisation qui précède la tâche-test. Enfin, du côté de l'acceptation, les items des échelles de mesure sont élargis au matériel de lecture mis à disposition et non seulement ciblés sur la tablette en particulier.

► Cette thèse a pour origine un problème du terrain qui se situe du côté de la recherche d'information dans un hypermédia pour répondre à des questions données par l'enseignant.e. L'utilisation d'un hypermédia est complexe, pour des élèves de fin d'école primaire, sur différents aspects. Dans cette thèse, nous ciblons les aspects liés à la non linéarité et à la fragmentation de l'information. Bien conscients que cela puisse poser des biais, nous avons mis de côté les aspects multimédias et

multisources. Ainsi, dans ce manuscrit, nous utilisons le terme générique « hypertexte », pour désigner les documents numériques examinés dans cette thèse. L'hypertexte est lu sur une tablette. L'objectif général est de tester les effets de caractéristiques de l'élève (aspects cognitifs et motivationnels) et d'une carte navigable (en tant que ressource externe) : d'une part, sur la recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette et, d'autre part, sur l'acceptation des tablettes pour rechercher des informations. Dans la partie suivante, la documentation est développée, sur les éléments contextuels du problème du terrain et sur l'état de l'art.

# **PARTIE 1 : LE PROBLEME DU TERRAIN**

## Chapitre 1 : Éléments contextuels du problème du terrain

Dans le cadre du Plan numérique 2015, des écoles situées en éducation prioritaire et leur collège de secteur ont été dotés de classes mobiles de tablettes tactiles iPad. Ces écoles ont répondu à un appel à projet visant à faire évoluer les pratiques d'enseignement, pour favoriser chez les élèves le développement des compétences numériques pour apprendre. Avec cette dotation, il s'agissait d'intégrer davantage les appareils et supports numériques dans les situations d'apprentissage, tout en s'interrogeant sur les conditions de réussite et de limite de l'usage du numérique pour l'apprentissage. Parmi les écoles dotées, des équipes pédagogiques ont souhaité examiner en particulier les conditions de réussite et de limite de l'usage des tablettes, pour rechercher des informations dans un hypertexte. Lors de formations continues, ces enseignant.e.s ont retenu le besoin de développer la littératie numérique scolaire des enfants dont les habiletés en recherche d'information dans un document comportant des liens hypertextes / hyperliens (c'est-à-dire dans un hypertexte). En même temps, ils ont appris que la recherche d'information dans un hypertexte est une activité complexe en fin d'école primaire. Ils se sont donc interrogés sur les moyens de soutenir les élèves lorsqu'ils réalisent cette tâche.

L'objectif de ce chapitre est de préciser les éléments contextuels du problème du terrain : quels sont les enjeux liés au développement de la littératie numérique scolaire, chez les enfants ? Que disent les programmes d'enseignement à propos de l'organisation et des contenus des apprentissages ? Quelles sont les caractéristiques des documents sur lesquels les élèves réalisent des activités de recherche d'information, en fin d'école primaire ? Quels sont les équipements numériques mis à la disposition des écoles, pour mettre en œuvre les programmes ? Et enfin, quelle est la nature des résultats des enfants de fin d'école primaire, aux évaluations nationales et internationales, en recherche d'information à partir d'un document non linéaire, selon que le support soit du papier (comme une planche documentaire imprimée) ou numérique (comme un simulateur d'un site web) ?

Pour répondre à ces questions, les sources académiques ont été consultées. Toutefois, il a fallu recourir à l'état de l'art pour éclairer certaines informations : par exemple, pour définir certains termes (littératie, littératie scolaire, littératie numérique scolaire) ou encore, pour comprendre les différences et les similitudes entre un document composite imprimé et un hypertexte.

# 1. La littératie numérique solaire : origine, principes et enjeux

Le mot *littératie* également orthographié *littéracie* ou *litéracie*, en français (*literacy* en anglais) est une notion d'origine anglo-saxonne. Pour l'OCDE<sup>4</sup>, organisation internationale qui organise les évaluations PISA<sup>5</sup> auprès des élèves de 15 ans, la littératie, c'est l'« *Aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités.* », (OCDE, 2000, introduction, p. 10). Cependant, dans une revue de la littérature scientifique francophone, sur la période 1985-2012, Hébert et Lépine (2012) ont relevé 38 définitions de cette notion. Ils ont ainsi montré que la littératie est une notion « plastique ». En effet, pour un même matériel de lecture, les enjeux, le prescripteur de la tâche, les aides disponibles, l'environnement physique et social, les motivations du lecteur ne sont pas les mêmes à l'école et à la maison. Pour une même tâche, le support numérique VS papier peut influencer les interactions entre le lecteur, la tâche et le matériel de lecture (Potocki & Billottet, 2020). Ces constats ont conduit des chercheurs à formuler des définitions dérivées de la notion de littératie telles que la littératie scolaire, la littératie numérique et la littératie numérique scolaire (Hébert & Lépine, 2012).

- La littératie numérique (*digital literacy*, en anglais) :

C'est « [...] une vaste capacité à participer à une société qui utilise la technologie des communications numériques dans les milieux de travail, au gouvernement, en éducation, dans les domaines culturels, dans les espaces civiques, dans les foyers et dans les loisirs. » (Hoechsmann, 2015, p. 5).

- La littératie numérique scolaire :

Cela désigne « l'ensemble des compétences à construire des connaissances et à raisonner, dans le contexte des activités proposées par l'école, avec ou à partir des documents numériques » (Ferone, et al., 2016, p. 2). La littératie numérique (scolaire) vise à lutter contre « l'illectronisme » : c'est-à-dire une forme d'illettrisme qui concerne des personnes qui ne maîtrisent pas les habiletés de base pour accéder à un document numérique, savoir l'utiliser et le comprendre pour acquérir des connaissances ou accéder à un service (Maroun, 2022). Ce point de vue sous-tend que la lecture numérique implique des habiletés au moins

---

<sup>4</sup> Organisation de coopération et de développement économique

<sup>5</sup> Programme International de Suivi des Acquis de élèves

partiellement différentes de celles de la lecture sur papier. Pour autant, la littératie numérique pourrait être un levier pour le développement de la littératie chez les personnes qui ne fréquentent guère l'écrit en dehors de l'usage du numérique (Gerbault, 2012). Dans la même veine, en partenariat avec les MDPH<sup>6</sup>, l'Education nationale met à la disposition des élèves qui en ont besoin un équipement numérique compensatoire d'un handicap (par exemple, une application d'assistance à la lecture pour des personnes malvoyantes). Enfin, comme indiqué dans la section suivante, l'obligation et les moyens de développer la littératie numérique scolaire sont inscrits dans le socle commun de connaissances, de compétences et de culture et les programmes officiels chargés de la mise en œuvre des enseignements.

## **2. La place de la littératie numérique scolaire dans le socle commun et les programmes d'enseignement**

### **2.1. A propos des objectifs et des tâches**

Le développement des compétences numériques tout au long de la scolarité obligatoire est explicitement inscrit dans plusieurs domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Ces apprentissages sont également inscrits, en lien avec une progression, dans les programmes des différents cycles d'apprentissage. Pour le cycle 3, les objectifs et contenus d'enseignement se trouvent explicitement notés dans plusieurs domaines du socle commun en vigueur (Ministère de l'Education nationale, 2015).

D'abord, les compétences numériques concernent le domaine 1 intitulé « *Les langages pour penser et communiquer* » et le domaine 2 intitulé « *Les méthodes et outils pour apprendre* » du socle commun (Ministère de l'Education nationale, 2015 ; Mons, Tricot, Chesné, & Botton, 2020). Cependant, les programmes officiels indiquent que le développement des compétences numériques est également présent, de manière plus implicite, dans les trois autres domaines du socle commun. A savoir, le domaine 3 intitulé « *La formation de la personne et du citoyen* » dont la capacité à juger par soi-même une source d'information et des comportements responsables sur internet ; le domaine 4 intitulé « *Les systèmes naturels et les systèmes techniques* » dont la capacité à repérer, comprendre la communication et la gestion de l'information dans un environnement numérique ; et enfin, le domaine 5 intitulé « *Les représentations du monde et l'activité humaine* » avec, par exemple, la capacité à lire, comprendre et utiliser des cartes et photographies numériques.

---

<sup>6</sup> Maison Départementale des Personnes Handicapées

Ainsi, les apprentissages numériques, pour contribuer au développement de la littératie numérique scolaire, traversent tous les domaines disciplinaires des programmes d'enseignement du cycle 3.

Par ailleurs, le Cadre de Référence des Compétences Numériques (Ministère de l'Education Nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2019, actualisé en 2020) en précise les objectifs, contenus et indicateurs de réussite. Ils sont répartis en cinq axes de travail (le document officiel parle de domaines) : 1. La recherche, l'évaluation et le traitement de l'information numérique (les degrés de maîtrise, pour ce domaine, sont détaillés infra dans ce chapitre) ; 2. La communication et la collaboration dans un environnement numérique ; 3. La création de contenus numériques ; 4. La technologie (utilisation, compréhension du fonctionnement, résolution de pannes simples) ; 5. L'éthique et la sécurité liées aux usages du numérique.

Ainsi, le développement d'habiletés techniques liées aux usages du numérique n'est pas une fin en soi. Il s'agit surtout de développer chez les élèves des habiletés cognitives et des attitudes pour leur permettre, en fonction d'un besoin, d'accéder à l'information numérique, la comprendre, l'utiliser, l'évaluer (en situation de réception comme en situation de production) et, le cas échéant, la stocker. Ceci en autonomie, de manière efficace, efficiente, raisonnée et respectueuse des règles de la communication et de l'utilisation des données.

D'après une étude menée auprès de 1000 enseignant.e.s des premier et second degrés des académies de Toulouse et de Poitiers, le premier axe du Cadre de Référence des Compétences Numériques est travaillé régulièrement par 25% de la population étudiée. Plus précisément, le numérique est utilisé au moins une fois par semaine pour faire lire des documents écrits et chercher des informations (Potocki & Billottet, 2020). Pour ce faire, les écoles ont besoin d'être équipées en matériel permettant de lire les documents numériques. Les écoles primaires sont d'ailleurs de mieux en mieux équipées. Entre 2009 et 2019, le nombre d'élèves par ordinateur est passé de 11,6 à 6,9 à l'école élémentaire (Bocognano, 2021). Comme indiqué dans la section suivante, les équipements numériques mobiles sont préférés aux équipements fixes.

## **2.2. A propos de l'équipement numérique des écoles**

Pour favoriser le développement de la littératie numérique scolaire et plus largement de la littératie numérique, la stratégie du Ministère de l'Education nationale et de la Jeunesse et des Sports est d'impulser l'équipement des établissements en appareils mobiles. Ces appareils permettraient un usage au plus près des conditions de la « vie courante » d'une séance d'apprentissage. L'intérêt majeur d'une tablette, par rapport à un équipement fixe, est

lié à sa légèreté, à son faible encombrement, à sa disponibilité immédiate autant que de besoin (en intérieur comme en extérieur), notamment pour réaliser une activité ponctuelle de recherche d'information en ligne dans le contexte de la réalisation d'une autre tâche : par exemple, collecter des informations pour préparer un exposé (Haßler, Major, & Hennessy, 2016). Pour accompagner les structures locales (établissements scolaires et collectivités) en ce sens, le ministère a édité un Cadre de référence pour l'Accès aux Ressources pédagogiques via un équipement Mobile (CARMO). Il s'agit d'un document-ressource évolutif au fil des retours d'expérience. A notre connaissance, la version 3 du CARMO (Ministère de l'Education nationale et de la Jeunesse, 2018) est toujours en vigueur. Les arguments en faveur d'un équipement mobile y sont renouvelés en laissant plus de place aux classes mobiles qu'à un équipement individuel (voire en préconisant plutôt ce type d'équipement pour les écoles primaires). Dans le CARMO, nous pouvons lire que pour les élèves, cet équipement mobile permet, entre autres, d'accéder à des ressources numériques pour les apprentissages stockées dans un espace numérique de travail (ENT), dans et en dehors de l'école. Il permet aussi de mettre en œuvre des dispositifs de différenciation (pour soutenir ponctuellement des élèves dans une tâche particulière) ou des dispositifs de compensation (pour les élèves en situation de handicap). Au-delà d'organiser l'équipement des écoles en partenariat avec les collectivités territoriales, à travers les programmes d'enseignement et les documents-guides associés, le gouvernement pose le cadre de la programmation et des contenus des enseignements permettant de développer la littératie numérique scolaire. En l'occurrence, au cycle 3, concernant le premier domaine du CRCN, les programmes prévoient que les élèves réalisent des activités de recherche d'information à partir d'un ensemble de documents. Nous avons donné des exemples de situations, d'activités et de documents dans la section suivante.

### **2.3. Activités et documents inscrits au programme du cycle 3**

Au cycle 2 (du CP au CE2), en lecture documentaire, les enfants travaillent avec des documents simples et les documents complexes adaptés à leur âge tels que « *des manuels, ouvrages spécifiques, textes accompagnés d'autres formes de représentation, supports numériques, etc.* » (Ministère de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2020, Programmes d'enseignement, cycle 2, p. 15). Le cycle 3 est à cheval entre la fin de l'école primaire (CM1 et CM2, les élèves ont entre 9 et 11 ans) et le début du collège (6<sup>ème</sup>, les élèves ont 11-12 ans). Dans la continuité du cycle 2, au cycle 3, les élèves poursuivent les apprentissages en lecture documentaire, à partir de « *textes documentaires simples, documents composites (associant textes, images, schémas, tableaux, graphiques, etc.,*

*comme une double-page de manuel), documents iconographiques (tableaux, dessins, photographies), documents numériques (documents avec des liens hypertextes, documents associant texte, images – fixes ou animées –, sons) » (Ministère de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports, Programmes d'enseignement, cycle 3, 2020, p.15).*

Au cours de séances d'enseignement explicite intégrées aux enseignements en sciences, en histoire et en géographie, les élèves apprennent à prélever des informations, à mettre en relation des informations au sein d'un même document ou entre plusieurs documents et à évaluer la pertinence d'une source d'information. La lecture des repères annuels de progression associés au programme du cycle 3 montre que les documents composites et les documents numériques avec des liens hypertextes y occupent une place importante. Ces repères recommandent également de programmer, en fin de cycle 3 voire au début du cycle 4, les apprentissages à partir de documents vidéos et le traitement des sources (Ministère de l'Education nationale et de la Jeunesse, Repères annuels de progression au cycle 3 en français, 2019, p. 4). Les caractéristiques des documents composites et des documents numériques avec des liens hypertextes sont précisées, dans la section suivante.

### **3. Les caractéristiques des documents composites et des hypertextes**

Dans les programmes d'enseignement, les documents composites sont énoncés distinctement des documents numériques avec des liens hypertextes (c'est-à-dire des hypertextes). Ces deux sortes de documents occupent une place assez importante dans les repères annuels de progression pour le cycle 3. L'objectif de cette section est de préciser leurs caractéristiques respectives.

#### **3.1. Qu'est-ce qu'un document composite ?**

Notre première tentative de revue de la littérature sur les documents composites, dans les bases de données internationales en Psychologie (notamment ERIC, PsycINFO, PsycARTICLES, Psychology and Behavioral Sciences Collection), dans le but de connaître les caractéristiques de cette sorte de documents, a échoué : le moteur de recherche ne trouvait aucun article avec les mots clefs « document » OR « documentary texte » AND « composite ». Nous avons, alors, élargi notre requête aux bases de données en sciences

de l'éducation : en particulier, à celles de la didactique du français et de la linguistique (revues SPIRALE, REPERES et PRATIQUES). Il en est ressorti que le terme « composite » est à ce jour très peu utilisé dans la documentation scientifique et les chercheurs en sont au stade de proposer des définitions (Quirino-Chaves & Maisonneuve, 2020).

A défaut d'une définition générique et consensuelle, les exemples présentés dans la littérature désignent souvent un document imprimé : une double-page de manuel scolaire, une double-page d'un album documentaire (Bautier, Crinon, Delarue-Breton, & Marin, 2012 ; Quirino-Chaves & Maisonneuve, 2020 ; Viriot-Goeldel & Delarue-Breton, 2014). Les documents composites imprimés y sont décrits comme ayant des caractéristiques communes avec les hypertextes : « À l'image des hypertextes électroniques (Crinon, 2011), ces documents sont fragmentés, composés d'atomes d'information ou « nœuds », reliés plus ou moins explicitement par des « liens » en un réseau où l'utilisateur « navigue » selon des parcours qu'il détermine lui-même parmi un grand nombre de possibles. » (Bautier et al., 2012, p. 4). Dans cette définition, Bautier et ses collaborateurs soulignent certaines caractéristiques du document composite ayant, de leur point de vue, une incidence sur les apprentissages en lecture : il s'agit de la structure non linéaire, de la mise en forme matérielle fragmentée et des relations sémantiques implicites entre les composants. En utilisant des termes habituellement employés à propos d'un hypertexte - « nœud », « liens », « navigue », « réseau », « parcours » - les auteurs visent à signifier qu'un document composite (imprimé) partage des caractéristiques communes avec un hypertexte. Sur la base de ces caractéristiques, certains auteurs considèrent que les hypertextes sont une forme particulière de documents composites où les nœuds d'information sont reliés par des liens électroniques. Ils proposent de regrouper dans la même catégorie les documents composites et multiples imprimés et les hypertextes (Crinon & Ferone, 2020). Toutefois, Macedo-Rouet et Rouet (2020) considèrent que pour être qualifié de document composite, un document doit comporter des informations linguistiques et iconiques. Ainsi, un ensemble de documents présentant uniquement des informations linguistiques serait un document multiple mais pas un document composite.

► La définition du terme « document composite » ne fait pas consensus dans la littérature scientifique. Cependant, nous pouvons retenir qu'un document composite (imprimé) partage des caractéristiques communes avec un hypertexte : une structure non linéaire, une mise en forme matérielle fragmentée, une information discontinue, un ensemble de composants/nœuds traitant d'un même thème mais reliés entre eux par des liens implicites. Ainsi, certains auteurs considèrent qu'un

hypertexte est une sorte de document composite. Toutefois, pour mieux comprendre les points communs (et les différences) entre un document composite imprimé et un hypertexte, ci-après, nous les avons comparés.

### **3.2. Comparaison entre un document non linéaire imprimé et un hypertexte**

Dans cette section, nous analysons puis comparons une planche documentaire imprimée (en tant qu'exemple de document non linéaire imprimé) VS un extrait du simulateur d'un site web utilisé pour les évaluations internationales ePIRLS (en tant qu'exemple d'hypertexte). Ces deux documents sont issus de banques de ressources pour l'enseignement en fin d'école primaire.

- **Un exemple de document non linéaire imprimé : une planche documentaire**

La figure 1 représente une planche documentaire extraite d'un guide pédagogique édité par le magazine La classe (Zimmermann & Pol, 2011). Ce guide est disponible en librairie sur support papier et en ligne sur support numérique au format PDF (à imprimer). Comme l'indique le titre, le but général de l'auteur est d'expliquer les conséquences du réchauffement climatique sur les aires de répartition des animaux et des végétaux. Pour ce faire, il prend pour exemple le cas de la chenille processionnaire. Pour décrire ce document, nous nous sommes inspirés de la façon de Quirino-Chaves & Maisonneuve (2020).

Cette planche est constituée de dix « modules » d'information appelés composants (pour aider à les repérer, dans la figure 1, nous les avons étiquetés) : des composants d'informations linguistiques (étiquettes jaunes n<sup>os</sup> 1, 2, 3, 9 et 10), des composants d'informations iconiques (étiquettes bleues n<sup>os</sup> 4, 5, 6 et 7) et un composant d'informations linguistiques et iconiques (étiquette rose n<sup>o</sup> 8).

La mise en forme matérielle du document est tabulaire.

**Conséquences du réchauffement climatique sur la biodiversité** 1

À cause des activités humaines et du rejet de CO<sub>2</sub> qu'elles provoquent, la température de la Terre a augmenté de 0,8 °C au cours du XX<sup>e</sup> siècle. La température influence beaucoup la vie des animaux et des végétaux, tout comme leurs relations dans les écosystèmes. 2

Une conséquence bien visible du réchauffement climatique concerne la modification des aires de répartition de certaines espèces, c'est-à-dire l'ensemble des territoires qu'elles colonisent. 3

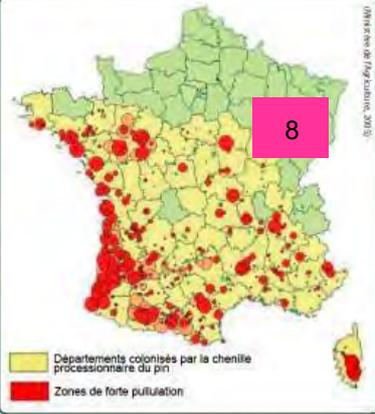
On observe une tendance à la remontée de certaines espèces vers le nord, puisque les températures y deviennent plus favorables aux espèces venues du sud. 4






La chenille processionnaire du pin est un des plus grands ravageurs forestiers en France et dans les pays méditerranéens. Se nourrissant des aiguilles de pins et de cèdres, elle provoque un ralentissement de la croissance de l'arbre et le rend plus sensible aux maladies et aux autres ravageurs des forêts. 5 6 7 9

Entre 1969 et 1996, cette chenille a connu une importante progression vers le nord de la France. En 2010, elle a encore progressé et notamment en Île-de-France. 10



© IAC - Université de Versailles

Figure 1 : Une planche documentaire (exemple de document non linéaire imprimé)

Sous réserve d'avoir des connaissances métatextuelles sur les procédés de mise en forme matérielle de la planche, l'élève peut identifier des fonctions propres à chaque composant et des relations entre les composants. Par exemple, le titre de la fiche documentaire (n° 1) se distingue des autres titres (titres des composants) par sa position en entête occupant toute la largeur du document, son encadré, sa fonte et sa police de caractères. L'introduction (n° 2) se trouve sous le titre, écrite avec une taille de caractères intermédiaire entre celle du titre de la planche et celle des composants d'informations linguistiques subalternes. L'introduction occupe également toute la largeur de la planche. Le composant n° 3 se distingue par son cadre noir et son fond blanc. La lecture du contenu confirme son importance : il explique une des conséquences du réchauffement climatique dont il est question dans cette planche. Les autres composants (n° 3 à n° 10) sont agencés à proximité les uns des autres. Ils traitent plus particulièrement de la chenille processionnaire. Au sein de ce sous-thème, nous pouvons repérer trois blocs d'informations dont les limites sont implicites. Le premier est constitué du composant d'informations iconiques n° 4 : il montre une « procession » de chenilles. Le but est d'aider le lecteur à se représenter une chenille processionnaire et à comprendre l'origine du nom de cet animal. Le deuxième bloc est constitué des composants n° 5, 6, 7 et 9. Il traite des ravages occasionnés par la chenille processionnaire sur le pin.

Les photos illustrent le contenu du composant n° 9. Enfin, le troisième bloc est constitué des composants n° 8 et n° 10. En lien avec le composant n° 2 (introduction), il illustre le problème de l'évolution de la répartition des animaux à cause du réchauffement climatique, en prenant le cas de la chenille processionnaire. Enfin, le grand cadre en pointillé avec un fond vert délimite l'ensemble de la planche documentaire.

Pour aider le lecteur à identifier la structure physique et sémantique du document (ou « dossier documentaire »), le concepteur joue sur la position et sur le degré de proximité physique des composants dans la page. Il joue aussi sur les encadrés (contours, dimensions, styles) et sur les fontes des polices de caractères.

Ces procédés de mise en forme matérielle contribuent à l'hétérogénéité sémiotique du document. Nous retrouvons plusieurs de ces caractéristiques dans l'exemple d'hypertexte présenté ci-après.

#### ▪ Un exemple d'hypertexte : un simulateur d'un site internet (extrait)

La figure 2 ([ci-après](#)) présente trois captures d'écran extraites du simulateur d'un site web. Il s'agit d'une petite partie du matériel utilisé pour la première évaluation internationale des habiletés en lecture en ligne, en complément de l'évaluation PIRLS. Cette évaluation est désignée sous le sigle ePIRLS<sup>7</sup> (2016) : le préfixe « e » signifiant « *electronic* » (en anglais).

L'ensemble du simulateur s'intitule « Mars ». Il est en démonstration sur le site de l'Université de Liège (2018). Il comporte une page censée représenter un moteur de recherche comme Google, un site web traitant du système solaire et un second traitant de la planète Mars. La description ci-après porte sur un extrait du simulateur du second site : « *Programme d'exploration de Mars* » (notre traduction). Les pages simulant le moteur de recherche sont exclues de cette description car elles relèvent de problématiques qui sortent du cadre de cette thèse. Chaque page du site est constituée d'un ensemble de documents comportant des informations linguistiques et/ou iconiques (c'est-à-dire que chaque page est elle-même un document composite et multiple). C'est aussi pour cette raison que cet exemple présente des caractéristiques qui dépassent les objectifs de cette thèse. Toutefois, nous ciblons ici les caractéristiques qui concernent la mise en forme matérielle, la structure, le support et l'interactivité.

---

<sup>7</sup> Traduction en français : Programme international de recherche en lecture numérique scolaire : test des habiletés en recherche et compréhension en ligne

Les pages sont reliées par des liens électroniques/hyperliens. Ils permettent de naviguer d'une page à l'autre en cliquant/appuyant dessus. Sur les captures d'écran présentées ci-après (cf. figure 2), nous pouvons observer des indices de structure du contenu du site et des fonctionnalités de navigation entre les pages. Par exemple, nous pouvons voir trois sommaires horizontaux. Le premier (1), en position hiérarchique supérieure, est censé indiquer au lecteur qu'il est possible d'accéder indépendamment à deux embranchements : l'un traitant du système solaire, l'autre traitant de l'exploration de Mars. Chaque embranchement est, en outre, équipé d'un sommaire également horizontal et cliquable. Sur la figure 2, seul le sommaire de l'embranchement « *Exploration de Mars* » est visible (1bis). Il comporte sept onglets. La surbrillance de l'onglet, dans le sommaire, indique quelle page est affichée à l'écran. Dans cette page, il se trouve une deuxième fonctionnalité interactive : un escamot (2). C'est une sorte de pop-up qui contient une information secondaire. Pour l'ouvrir, le lecteur doit cliquer sur le mot hyperlié « *orbite* » qui est intégré dans le texte. Pour refermer l'escamot, le lecteur doit cliquer sur la petite croix qui se trouve dans l'angle supérieur droit. Enfin, dans la page intitulée « *Getting to Mars* » / « *Se rendre sur Mars* » (notre traduction), il se trouve une animation qui s'active automatiquement lorsqu'on ouvre cette page (3). Ces fonctionnalités interactives de natures et de formats divers contribuent à l'hétérogénéité sémiotique de ce document numérique (Herrada-Valverde & Herrada-Valverde, 2017).

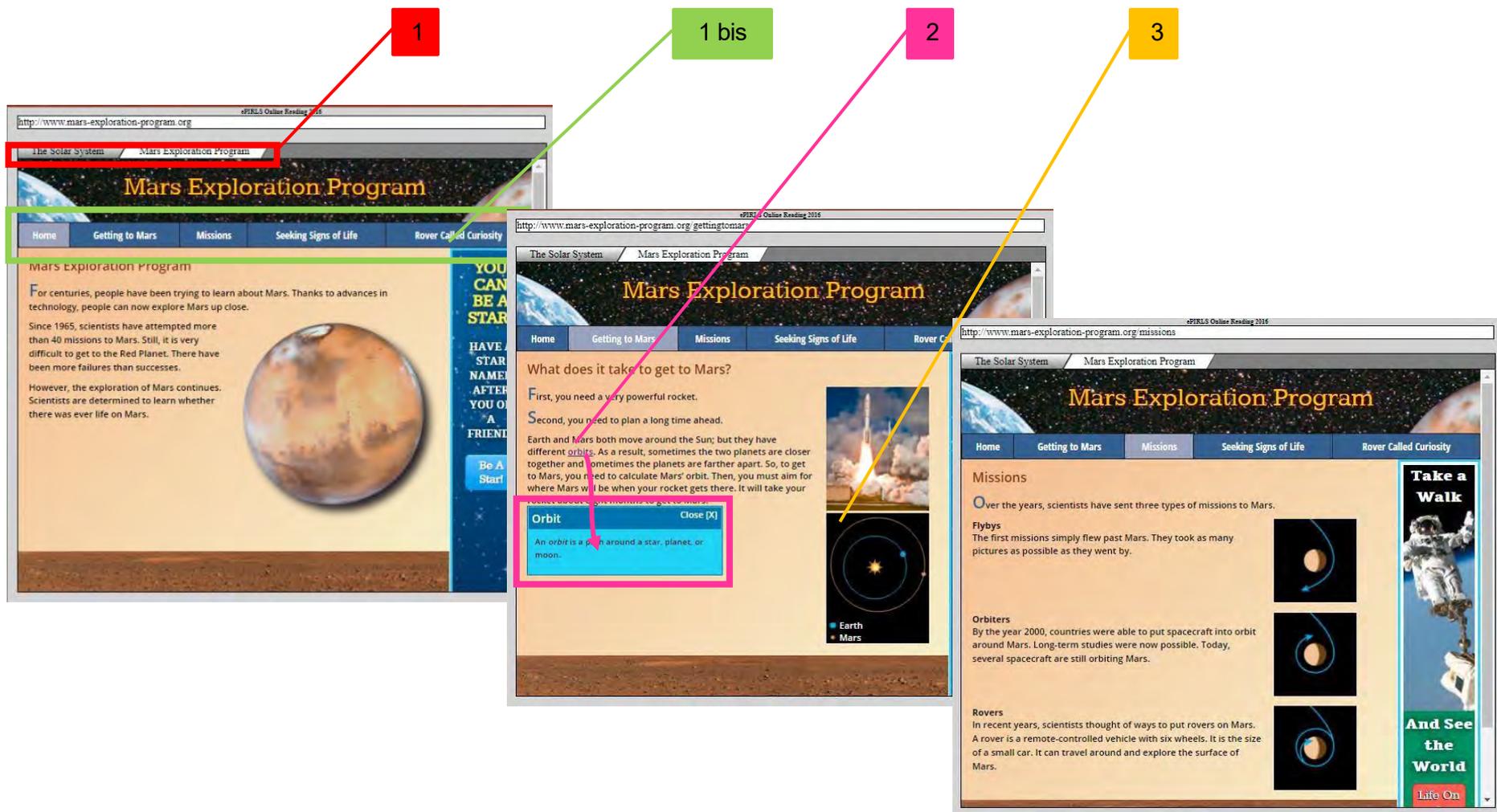
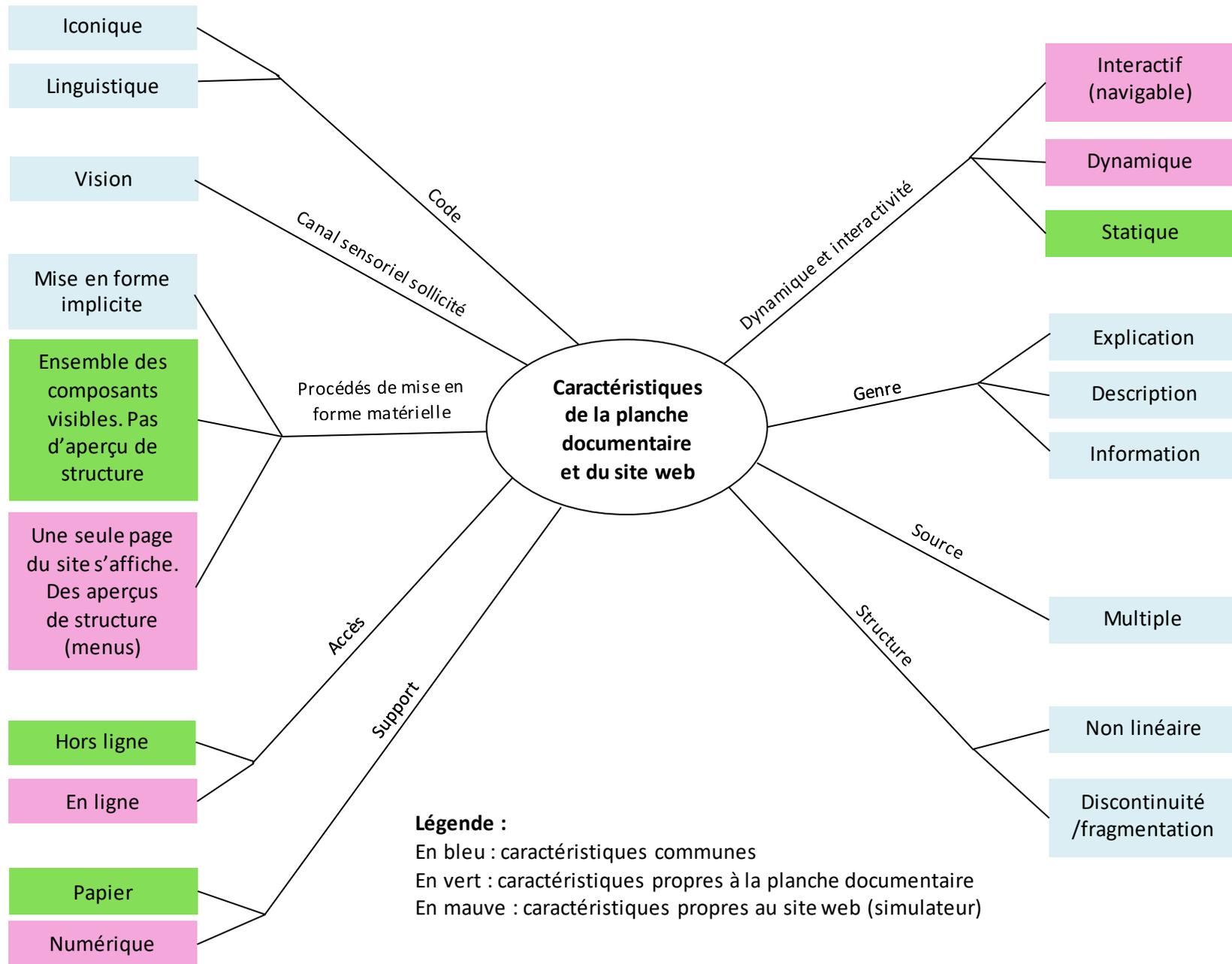


Figure 2 : Trois captures d'écran extraites d'un simulateur de site internet utilisé pour l'évaluation internationale ePIRLS 2016. Ce simulateur est consultable sur le site de l'université de Liège, 2018.

Figure 3 : Comparaison des caractéristiques entre une planche documentaire imprimée et un simulateur d'un site web. Figure inspirée d'un graphique d'André Tricot (2007, p.19)



### ▪ Comparaison entre la planche documentaire et le simulateur du site web

La [figure 3](#) est inspirée d'un graphique d'André Tricot (2007, p. 19). Le document-source présente l'éventail des descripteurs formels d'un document. Nous avons repris et adapté cette présentation, pour montrer une vue synthétique des caractéristiques communes et des caractéristiques différentes entre la planche documentaire imprimée et le simulateur du site web décrits précédemment.

► L'utilisation d'un document composite est complexe à plusieurs titres. Pour mieux examiner les problèmes liés au phénomène « lost in cyberspace » (Caro, 2017), dans cette thèse, nous avons mis de côté les caractéristiques « multICODES », « multigenres » et « multisources » qui caractérisent également un document composite.

Les concepteurs de ressources pédagogiques apportent une attention particulière à la mise en forme matérielle d'un document destiné à des élèves de l'école primaire. Les constituants d'un « dossier documentaire » comme une planche documentaire ou le simulateur d'un site web sont agencés dans « un cadre intégrateur » (Jamet, Bétrancourt, & Rouet, 2008). Ce cadre comporte des indices de structure et des dispositifs organisateurs censés aider les élèves à comprendre la structure physique et sémantique du contenu. Malgré cela, la structure reste souvent implicite. Et, la compréhension et l'utilisation de ces indices et dispositifs nécessitent de maîtriser des connaissances dites métatextuelles. La planche documentaire (en tant qu'exemple de document non linéaire imprimé) et le simulateur du site web (en tant qu'exemple d'hypertexte) ont des caractéristiques communes dont une structure non linéaire, une information discontinue et fragmentée. Dans la planche documentaire, tous les composants sont visibles simultanément. Pour mettre en relation des informations, l'élève peut procéder par saccades visuelles. Dans le simulateur du site web, une seule page de l'ensemble du site s'affiche. Autrement dit, à la différence de la planche documentaire, avec un site web (support-hypertexte), un seul composant est visible. Ainsi, pour mettre en relation des informations situées dans des pages différentes d'un hypertexte, la mémoire de travail est plus sollicitée que sur papier. Par rapport au document imprimé, les risques de désorientation et de charge cognitive sont accrus.

Au regard des enjeux de la littératie (scolaire), des programmes nationaux et internationaux évaluent régulièrement les habiletés des élèves en lecture fonctionnelle à partir d'un « dossier documentaire ».

Comme internet tend à devenir la principale source d'informations et de supports de lecture documentaire, le numérique intègre la littératie (scolaire). Comme cela est développé dans la section suivante, depuis 2016, la nature de l'évaluation du niveau de maîtrise de la littératie scolaire des élèves en fin d'école primaire évolue en ce sens.

## **4. Evaluation et suivi des apprentissages en fin d'école primaire**

Les programmes d'enseignement du cycle 3 prévoient que les enfants réalisent des activités de recherche d'information, entre autres, dans un document non linéaire imprimé et dans un hypertexte (simulateur d'un site web). Ces activités visent à favoriser la littératie scolaire des enfants, conformément aux attendus du socle commun de connaissances, de compétences et de culture en vigueur. Au regard des enjeux de société sous-jacents, des programmes d'évaluation et de suivi des apprentissages sont organisés régulièrement.

### **4.1. Des programmes d'évaluation et de suivi nationaux et internationaux**

Depuis 2001, le programme PIRLS (pour *Progress in International Reading Literacy Study*) a pour objectif d'évaluer le niveau de maîtrise en littératie scolaire des élèves en CM1 (4<sup>ème</sup> année de l'école élémentaire française). Cette évaluation est organisée, par l'IEA<sup>8</sup>, tous les cinq ans, dans cinquante pays (à notre connaissance, au moment de l'écriture de ce manuscrit). L'évaluation PIRLS repose sur un texte littéraire et sur un texte documentaire. Deux structures de texte documentaire sont proposées : des textes linéaires avec une importance de la chronologie et des textes non linéaires, fragmentés, comportant des informations linguistiques et iconiques, sous forme de courts textes linéaires, de listes, de

---

<sup>8</sup> IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). Association scientifique indépendante qui met en œuvre, des études comparatives à l'échelle internationale, dans le domaine de l'éducation.

tableaux, de diagrammes, de cartes. Jusqu'à récemment, la passation se faisait exclusivement dans un format traditionnel dit « papier-crayon ». Pour s'adapter au besoin de développer la littératie numérique scolaire chez les enfants, depuis 2021<sup>9</sup>, cette évaluation est proposée en version digitalisée (*digital PIRLS*) : les élèves lisent les documents littéraires et documentaires sur écran. Cependant, pour les pays qui le souhaitent, une passation sur papier est toujours possible.

De plus, depuis 2016, certains pays participent à une évaluation des habiletés en recherche d'information et compréhension en ligne : il s'agit de l'évaluation ePIRLS. Le matériel de lecture conçu pour l'évaluation ePIRLS est un environnement hypertextué fermé simulant internet (cf. par exemple, le simulateur du site web « Mars » présenté dans la section précédente). Pour une présentation détaillée des programmes PIRLS, digital PIRLS et ePIRLS, voir respectivement Mullis et Martin (2015, 2019), et Mullis, Martin, Foy et Hooper (2017). Ces programmes évaluent les habiletés en lecture fonctionnelle. Plus précisément, il s'agit des habiletés à mettre en œuvre quatre principaux processus de recherche d'information et de compréhension : (1) Localiser, extraire et traiter une information explicite située dans un unique composant/nœud. Certaines questions nécessitent que l'élève réitère ces processus cognitifs pour collecter des informations explicites situées dans différents composants/nœuds (itération) ; (2) Localiser, extraire et traiter une information implicite située dans un seul composant/nœud. Pour les processus cognitifs (1) et (2), il arrive que le lecteur traite et compare le contenu de plusieurs composants/nœuds, pour choisir celui qui lui semble le plus pertinent au regard du modèle de tâche ; (3) Localiser, extraire et mettre en relation ou synthétiser des informations situées dans différents composants/nœuds. Il s'agit d'une inférence complexe nécessitant en plus des processus de localisation, des processus d'intégration ou de généralisation ; (4) Localiser, extraire et évaluer la qualité ou la fiabilité de l'information contenue dans un composant/nœud. Cette tâche nécessite de repérer et traiter préalablement l'information en question. La compréhension des sources, l'élaboration d'un modèle des sources et l'intégration d'un modèle des sources au modèle de situation relèvent d'un niveau expert de lecture-compréhension (Rouet & Coutelet, 2008 ; Rouet & Potocki, 2018) surtout lorsqu'il s'agit de lecture numérique (Macedo-Rouet & Rouet, 2020). Ce travail de traitement des sources, en autonomie, concerne plutôt les élèves à partir du collège. Il dépasse donc le cadre de cette thèse qui se situe à des niveaux scolaires de fin d'école primaire.

Par ailleurs, en complément des exercices de recherche d'information et de compréhension, sous la forme de questionnaires, les évaluations PIRLS et ePIRLS prévoient la collecte de

---

<sup>9</sup> Au moment de l'écriture de ce manuscrit, ni la liste des pays participant aux évaluations digital PIRLS et ePIRLS ni les résultats, pour la session 2021, n'ont été publiés.

données relatives au contexte scolaire et à l'environnement familial. Des données relatives aux caractéristiques des élèves et à leurs attitudes vis-à-vis des apprentissages (notamment en lecture) sont également collectées. L'évaluation ePIRLS sonde, en plus, les usages du numérique et les perceptions des enfants vis-à-vis de ces usages, à l'école et en dehors de l'école : par exemple, l'accès au numérique, les perceptions d'utilité et de facilité d'usage vis-à-vis du numérique, le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis de l'usage du numérique, etc. La collecte de ces données vise, entre autres, à étudier les prédicteurs des performances aux tests de recherche d'information et de compréhension.

## **4.2. Nature des performances en lecture sur papier et en lecture numérique**

Les résultats de l'évaluation PIRLS 2016 (sur papier) en lecture documentaire montrent que :

- 94% des élèves ont su localiser et extraire une information explicitement notée et directement accessible dans le document (par exemple, en début de document) ;
- 73% des élèves ont su localiser et extraire deux ou trois informations explicites, faire des inférences locales et utiliser les indices de structure du contenu pour localiser des informations (sous-titres, images, etc.) ;
- 30% des élèves ont su localiser et intégrer des informations disséminées à travers le document, pour identifier des idées principales et fournir des explications ; utiliser une série d'indices textuels ou métatextuels, pour localiser et extraire plusieurs informations ;
- 4% des élèves ont su localiser, interpréter des informations situées dans plusieurs parties du texte ; comprendre les intentions de l'auteur ; apprécier les intérêts et limites d'un document isolé par rapport à une problématique ; comparer des points de vue.

En France, l'observation de l'évolution des résultats entre 2001 et 2016 aux évaluations PIRLS (Colmant & Le Cam, 2017) montre que les performances ont baissé à chaque évaluation : surtout en lecture documentaire (- 22 points en 15 ans). Cette baisse est significative pour les quatre processus de compréhension. Elle est très marquée pour les processus les plus complexes (interpréter et apprécier) et moins pour les processus relativement simples (prélever, inférer localement). Sans tenir compte des résultats aux tâches les plus complexes qui nécessitent un traitement des sources, force est de constater qu'environ 2/3 des élèves sont en difficulté pour réaliser une tâche d'intégration d'informations situées dans différentes pages.

Concernant les évaluations ePIRLS (2016) : seuls 14 pays y ont participé. La France n'en faisait pas partie. L'analyse des résultats de la dernière évaluation ePIRLS (Mullis et al., 2017), à l'échelle internationale, a montré qu'en moyenne :

- 97% des élèves ont su localiser, accéder à des informations explicitement énoncées dans une page Web ou un escamot. Pour naviguer, ils ont utilisé des sommaires contenant des hyperliens, avec parfois une correspondance lexicale entre la question et un hyperlien. Ils ont su traiter des informations explicitement notées dans la page ;
- 84% des élèves ont su localiser et traiter des informations présentées sous diverses formes, faire des inférences simples, interpréter et intégrer des informations à partir d'une page Web pour donner des explications (inférences locales) ;
- 50% des élèves ont su localiser, interpréter et intégrer des informations situées dans différentes pages, pour collecter ou comparer des informations ;
- 12% des élèves ont su faire des déductions à partir d'informations complexes pour étayer une explication, interpréter et intégrer des informations situées dans différentes pages, pour expliquer les relations et/ou porter un jugement sur le contenu.

Une comparaison des résultats aux évaluations PIRLS et ePIRLS de la même année (Gilleece et Eivers, 2018 ; Mullis et al., 2017) a montré que les participants à l'évaluation ePIRLS étaient de bons lecteurs à la fois en lecture sur papier et en lecture numérique. Les élèves de Singapour, de la Norvège, de la Suède, du Danemark, des États-Unis, d'Israël et des Émirats arabes unis ont obtenu de meilleures performances à l'évaluation ePIRLS. C'était le contraire pour Taïwan, l'Italie, la Slovénie, le Portugal et la Géorgie. Seuls l'Irlande et le Canada ont obtenu des scores similaires aux deux épreuves. Ces résultats s'expliqueraient par le niveau de familiarité des élèves avec les outils numériques à l'école et en dehors de l'école, notamment pour réaliser des évaluations. Ils s'expliqueraient donc par le niveau d'équipement numérique des écoles et des familles.

Au moment de l'écriture de ce manuscrit, la France n'a pas encore participé à l'évaluation ePIRLS. En revanche, en 2013, les services de l'Éducation nationale ont organisé, en marge de l'évaluation CEDRE<sup>10</sup>, une évaluation des habiletés en lecture numérique, sur un échantillon de 11 000 élèves de fin d'école primaire répartis dans 450 écoles. Dans leur rapport, les auteurs (Ben Ali, Leveillet, Pac, Pastor, & Schmitt, 2015) ont montré que 55% des élèves avaient un niveau de maîtrise satisfaisant des habiletés en navigation pour

---

<sup>10</sup> CEDRE = Cycle des évaluations disciplinaires réalisées sur échantillons

rechercher des informations. A l'opposé, 45% des élèves avaient un niveau de maîtrise fragile voire insuffisant. Ces derniers étaient répartis ainsi :

- 30,1% étaient capables de prélever des informations explicites nécessitant peu de navigation (un clic), surtout lorsqu'il existait une correspondance terme à terme entre les questions et les mots-clefs dans un menu contenant des hyperliens. Ils étaient également capables d'établir des inférences locales à partir d'indices textuels ou graphiques extraits d'une même page du simulateur du site web ;
- 12,2% étaient capables de prélever une information explicite, à condition qu'elle soit accessible sans navigation ;
- 2,8% ne maîtrisaient pas les compétences attendues.

## 5. Conclusion du chapitre 1

A l'issue de ce chapitre concernant des éléments contextuels du problème du terrain de la thèse, certains points saillants sont à souligner.

### ▪ A propos des programmes d'enseignement

Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture en vigueur prévoit que les enfants développent, entre autres, des capacités leur permettant de poursuivre des études, de réussir leur vie professionnelle et personnelle et de citoyen dans une société de plus en plus « connectée ». Ceci engage le ministère de l'Education nationale et les collectivités territoriales à favoriser le développement de la littératie numérique scolaire des enfants dès le début de l'école primaire. Les programmes chargés de la mise en œuvre des enseignements prévoient que les élèves réalisent des activités de recherche d'information dans un document composite imprimé (que nous désignons dans cette thèse sous le terme de « document non linéaire imprimé ») et dans un hypertexte. Ces documents présentent des caractéristiques communes et différentes. Les différences portent sur le support (papier VS écran), la présentation et l'affichage de l'information, les liens entre les documents qui composent respectivement un document non linéaire imprimé VS un hypertexte. Les points communs portent sur la fragmentation et la discontinuité de l'information. Dans cette thèse, nous avons « mis de côté » les aspects multimédias, multisources et multigenres qui caractérisent aussi ces documents, afin de mieux nous centrer sur la non-linéarité, la discontinuité et fragmentation de l'information.

- **L'équipement numérique des écoles**

Les écoles primaires sont préférentiellement équipées d'appareils numériques mobiles (le plus souvent, des tablettes).

- **La nature de l'évaluation et du suivi du développement des habiletés**

Pour évaluer leur niveau en littératie scolaire, les élèves sont traditionnellement évalués sur papier, entre autres, à partir d'un document non linéaire imprimé. Cependant, comme la littératie numérique est devenue un enjeu sociétal important, les programmes nationaux et internationaux de suivi des apprentissages en littératie développent des outils et supports d'évaluation des habiletés en lecture fonctionnelle à partir de documents numériques : en l'occurrence, les habiletés du domaine 1 du CRCN (cf. section 2.1 du présent chapitre). Les élèves doivent rechercher des informations dans un simulateur d'un site internet (site web) et traiter ces informations pour répondre à des questions données au départ. En France, en 2013, 55% des élèves ont réussi une tâche d'intégration d'informations situées dans deux ou trois pages web et 45% des élèves avaient un niveau de maîtrise fragile. Ces derniers ont réussi seulement les tâches ne nécessitant pas ou peu de navigation : surtout s'il existait une correspondance lexicale entre les mots-clefs d'un indice de structure (menu) et ceux de la question. Ces résultats étaient encore plus faibles dans les écoles situées en réseau d'éducation prioritaire.

- **A propos de la progression-programmation des enseignements**

La lecture et l'utilisation d'un hypertexte sont complexes : les risques de désorientation, de surcharge cognitive et de faibles performances sont élevés chez des enfants (même en fin d'école primaire). La présentation, les procédés de mise en forme matérielle du matériel de lecture et les stratégies de « navigation » pour rechercher des informations sont différents entre un document non linéaire imprimé sur une double-page et un document non linéaire hypertextué. Il n'est pas certain que des élèves ayant l'habitude de travailler sur un support imprimé soient capables de transférer leurs habiletés sur un support hypertextué. Donc, est-il opportun de proposer, des activités de recherche d'information dans un hypertexte, à des élèves qui ne maîtrisent pas encore la recherche d'information dans un document non linéaire imprimé ?

**Ainsi, le problème du terrain se situe dans la « contradiction » entre, d'une part, le besoin de faire travailler les enfants à partir de supports hypertextués (au vu des enjeux liés à la littératie numérique scolaire) et, d'autre part, l'exigence cognitive de ces documents.**

Pour autant, il est important de préparer nos futurs citoyens, dès l'école primaire, à lire, comprendre et utiliser une information numérique. Ainsi, plutôt que d'éviter la lecture de documents numériques contenant des liens hypertextes, en fin d'école primaire, il est recommandé d'étayer fortement les enfants dans leur navigation.

Ainsi, à ce stade du travail de thèse, plusieurs questions se posent :

- Quels sont les processus cognitifs sous-jacents à une tâche de recherche d'information dans un hypertexte ?
- En quoi la recherche d'information dans un hypertexte est-elle plus exigeante que dans un document non linéaire imprimé ?
- Quelles ressources personnelles sont mobilisées : sont-elles les mêmes sur papier et sur un support hypertextué ?
- Comment alléger et soutenir des enfants lorsqu'ils travaillent avec un hypertexte ?
- Enfin, comme les écoles sont équipées de tablettes, qu'en est-il de la compatibilité entre les caractéristiques des enfants et les propriétés des tablettes, pour réaliser une tâche de recherche d'information dans un hypertexte ?

Ces questions nous ont amenés à consulter l'état de l'art. Les éléments saillants de notre documentation scientifique sont présentés dans la partie suivante.

## **PARTIE 2 : CADRE THEORIQUE**

## Introduction de la partie théorique

Cette thèse a pour origine un problème du terrain scolaire. Dans le chapitre 1, l'étude des éléments contextuels du problème du terrain a permis de pointer une « contradiction » : pour assurer chez nos futurs citoyens les moyens de devenir des lecteurs autonomes et stratégiques dans leurs usages du numérique, les programmes d'enseignement prévoient que les enfants, dès la fin de l'école primaire, commencent à réaliser des activités de recherche d'information dans un hypertexte, pour répondre à des questions données par l'enseignant.e. Cependant, ces activités occasionnent souvent une surcharge cognitive. Ainsi, il est recommandé d'étayer fortement les enfants de l'école primaire dans leur utilisation d'un hypertexte. Comme les écoles du terrain de cette thèse sont équipées en tablettes iPad, il se pose le problème supplémentaire d'assurer la compatibilité entre les caractéristiques des élèves et les propriétés des tablettes, pour rechercher des informations dans un hypertexte. Après avoir cerné le problème du terrain, l'objectif de cette seconde partie dite « Cadre théorique » (chapitres 2 à 4) est de consulter l'état de l'art par rapport à ce problème.

Pour commencer, l'objectif du chapitre 2 est de comprendre pourquoi une activité de recherche d'information, dans un ensemble de documents, est complexe. Pour ce faire, les modèles récents qui décrivent les processus cognitifs sous-jacents et les variables impliquées, dans le cas d'une activité de recherche d'information, dans un contexte scolaire, sont étudiés. Puis, la Théorie de la charge cognitive est mobilisée, pour enrichir nos connaissances sur les principes généraux qui permettent de décrire la complexité d'une activité scolaire. Enfin, la Théorie de la charge cognitive est appliquée aux modèles descriptifs de la recherche d'information dans un hypertexte, pour identifier, les sources de variation de la charge cognitive, chez des enfants.

Ensuite, dans le chapitre 3, les connaissances scientifiques sur l'implication des habiletés et des variables motivationnelles chez des enfants (en tant que ressources internes) et d'une carte navigable de la structure du contenu d'un hypertexte et des types de question (en tant que ressources externes) sont approfondies.

Enfin, le chapitre 4 concerne, d'une part, l'effet des tablettes sur la lecture du point de vue des experts. D'autre part, il concerne les perceptions, chez des enfants, de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes pour réaliser une tâche de lecture. Ce dernier chapitre est très important parce que les écoles-terrains de cette thèse sont équipées en tablettes tactiles. Si la compatibilité, entre les propriétés de la tablette pour rechercher des informations et les caractéristiques des enfants pour ce type de tâche, n'est pas

satisfaisante, alors des problèmes d'acceptation de ces appareils pourraient émerger. Il pourrait aussi arriver que les élèves acceptent les tablettes pour réaliser la tâche de recherche d'information mais qu'ils ne réussissent pas leur travail. En conséquence, dans les deux cas, l'atteinte des objectifs liés à la littératie numérique scolaire serait entravée. Ceci justifie de s'intéresser aux effets de la tablette simultanément sur la recherche d'information et sur l'acceptation. De plus, dans le cas où un dispositif de guidage est implémenté dans l'hypertexte, il est important d'examiner les effets des conditions de guidage, à la fois du côté de l'activité d'apprentissage des élèves et du côté de l'acceptation. Enfin, l'objectif de ce dernier chapitre est aussi d'éclairer nos connaissances sur les variables prédictives de l'acceptation des tablettes chez des enfants.

Pour nourrir les chapitres 3 et 4, les résultats d'études antérieures menées chez des enfants de fin d'école primaire, ont été consultés en priorité. Lorsque la documentation était trop mince dans cette tranche d'âge, nous l'avons élargie aux études menées chez des adolescents voire chez des adultes.

## **Chapitre 2 : Pourquoi la recherche d'information dans un hypertexte est une activité complexe ?**

Dans ce chapitre, nous interrogeons l'état de l'art : d'une part, à propos de l'exigence cognitive de la recherche d'information dans un hypertexte et, d'autre part, à propos des moyens d'éviter une surcharge cognitive chez des enfants lorsqu'ils exécutent cette tâche avec ce matériel de lecture. Pour commencer, nous présentons deux modèles récents qui décrivent, les processus cognitifs et l'implication de variables, au cours d'une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents. Puis, la Théorie de la charge cognitive est mobilisée pour identifier les facteurs de variation de la charge cognitive et pour connaître les points sur lesquels il est possible d'agir pour alléger et assister un apprenant lorsqu'il réalise une activité de recherche d'information dans un hypertexte.

### **1. Quels sont les processus cognitifs sous-jacents à une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents ? Quelles ressources sont impliquées ?**

Un ensemble de documents agencés dans une double-page comme dans un manuel scolaire ou reliés par des hyperliens comme dans un site web (cf. [chapitre 1, section 3](#)) peut être considéré comme un « dossier documentaire ». Rechercher des informations dans ce matériel de lecture, pour répondre à une question donnée par l'enseignant.e est une tâche classique au cycle 3, pour favoriser le développement de la littératie scolaire. Cette tâche fait partie des tâches de lecture-compréhension. Ainsi, une question se pose : est-ce que les processus sous-jacents à une activité de recherche d'information dans un « dossier documentaire » sont les mêmes que ceux décrits dans les modèles classiques de la lecture-compréhension ?

Un modèle classique de la lecture-compréhension est, par exemple, le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988). Ce modèle décrit les processus cognitifs engagés dans la construction d'un modèle mental cohérent d'un document linéaire lu intégralement. Donc, est-ce que les processus engagés dans une tâche de recherche d'information dans un dossier documentaire nécessitent d'élaborer un modèle mental cohérent de ce dossier ?

Sauf cas particuliers (par exemple, pour une question nécessitant de lire l'ensemble des composants/noeuds), les processus cognitifs sous-jacents à une activité de recherche

d'information dans un « dossier documentaire » sont différents de ceux liés à une activité de lecture-compréhension de l'ensemble du dossier. En effet, une stratégie de recherche d'information efficace consiste à éviter les composants/noeuds qui ne contiennent pas les informations utiles pour répondre à la question et à sélectionner ceux qui les contiennent. Autrement dit, un comportement efficace de recherche d'information correspond plutôt à une stratégie de lecture « opportuniste » et « sélective » en fonction de l'objectif de lecture (Llorens Tatay, Gil Pelluch, Vidal-Abarca Gámez, Martínez Giménez, Mañá Lloriá, & Gilabert Pérez, 2011 ; Rouet, 2003 ; Rouet & Potocki, 2017). Cette stratégie se justifie particulièrement lorsqu'il s'agit de rechercher des informations à partir d'un gros volume d'informations comme dans un site web. En effet, commencer par lire et comprendre l'ensemble des pages d'un site avant de passer à la phase de recherche d'information est irréalisable, sauf y consacrer énormément de temps et d'efforts cognitifs (Salmerón, Naumann, García, & Fajardo, 2017).

Ainsi, un modèle classique de la lecture-compréhension comme le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988) est limité pour étudier les processus sous-jacents et les variables impliquées dans une activité de recherche d'information dans un « dossier documentaire ». En revanche, les modèles initiés par Catherine Snow et son équipe (2002) semblent plus adaptés. Ces modèles sont fondés sur une évolution du concept de lecture-compréhension. Ils soulignent le fait que le lecteur ne s'engage pas dans la lecture-compréhension d'un document « dans le vide » mais avec un but à atteindre. Selon cette approche, la lecture-compréhension est dite « fonctionnelle ». Ainsi, dans un contexte scolaire, la stratégie de lecture-compréhension d'un document est orientée par la tâche donnée par l'enseignant.e et par le but du lecteur : « [...] à partir d'un même lecteur et d'un même texte, différents comportements de lecture peuvent être observés en fonction du moment, du lieu ou de l'objectif dans laquelle se réalise l'activité de lecture », (Potocki & Billottet, 2020, p. 26). Toutefois, pour un même document, une même tâche et un même contexte, différents comportements peuvent aussi être observés selon les caractéristiques du lecteur. In fine, la stratégie du lecteur est alors le produit d'interactions entre le lecteur (ses ressources internes et ses expériences), le document / l'ensemble des documents (ses caractéristiques), l'activité (le but, les processus cognitifs et la production qui en résulte) et le contexte.

L'état de l'art propose deux modèles théoriques récents qui prennent en compte cette évolution du concept de lecture-compréhension. Il s'agit des modèles MD-TRACE pour *Multiple-Document Task-based Relevance Assessment and Content Extraction* (Rouet & Britt, 2011) et RESOLV pour *Readers' Representation of Reading Contexts and Tasks* (Rouet, Britt, & Durik, 2017).

## 1.1. Le modèle MD-TRACE

Le modèle MD-TRACE est représenté ci-après (figure 4). Au centre, il décrit les processus cognitifs sous-jacents à une activité de lecture fonctionnelle à partir d'un ensemble de documents. De part et d'autre, dans les marges, il décrit les ressources impliquées : à droite, les ressources internes et à gauche, les ressources externes.

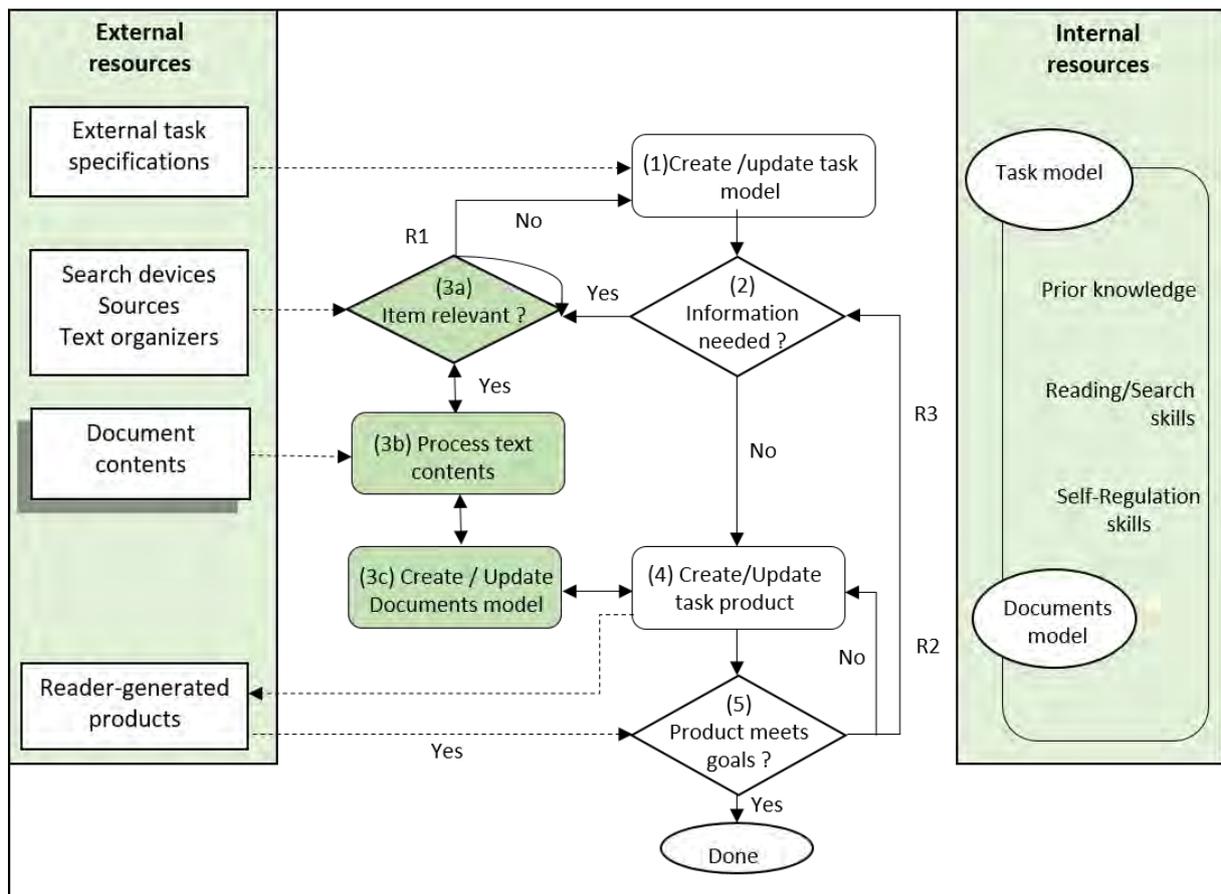


Figure 4 : Multiple-Document Task-based Relevance Assessment and Content Extraction (Rouet & Britt, 2011, p 27)

### ▪ Les ressources impliquées

Sous le terme de « ressources externes », MD-TRACE désigne des éléments relatifs :

- aux ressources d'informations disponibles. Ce sont le « dossier documentaire » lui-même, les dispositifs de catégorisation et d'accès au dossier (par exemple, la liste renvoyée par un moteur de recherche) et/ou les indicateurs de structure du contenu

(par exemple, un sommaire, une carte de contenu, etc.), ainsi que les ressources humaines (par exemple, l'enseignant.e et/ou les autres élèves de la classe) ;

- aux consignes/questions données par l'enseignant.e et le cas échéant les commentaires apportés, les contraintes posées (par exemple, le temps accordé pour faire le travail, etc.) ;

- et enfin, les écrits intermédiaires du lecteur au cours de son activité.

Sous le terme de « ressources internes », sans exhaustivité, les auteurs désignent des ressources permanentes et des ressources transitoires propres au lecteur. Les ressources permanentes sont les ressources personnelles (par exemple, des habiletés cognitives et métacognitives, des connaissances initiales sur le contenu dont traite le dossier documentaire, des expériences antérieures d'une tâche similaire). Les ressources transitoires sont des représentations mentales que le lecteur élabore et modifie tout au long de son activité de lecture : ce sont le modèle de tâche et le modèle documentaire. Enfin, de manière implicite, parmi les ressources internes, les auteurs comptent la motivation, l'intérêt et la valeur vis-à-vis du contenu du document/dossier et/ou vis-à-vis de la tâche. En effet, dans l'article de présentation du modèle RESOLV, à propos du modèle MD-TRACE, nous pouvons lire : « *Bien que plusieurs ressources internes soient incluses dans le modèle, comme la motivation et l'intérêt, ces facteurs n'étaient pas bien spécifiés.* », (notre traduction à partir de Rouet, Britt et Durick, 2017, p. 213).

#### ▪ **Les processus cognitifs sous-jacents**

Pour décrire les processus cognitifs sous-jacents, comme nous pouvons le voir au centre de la figure 4, il se trouve une représentation d'une stratégie-type. Nous distinguons cinq principales étapes ordonnées, avec cependant des boucles de rétroaction et des interactions entre ces étapes. La description qui suit est générale, quel que soit le support et quelle que soit la tâche.

Au début de son activité, le lecteur prend connaissance de la question et il l'analyse. Il prélève des informations parmi les ressources externes, analyse toutes ces informations en fonction de ses ressources internes et de son expérience d'activités similaires.

A partir des analyses et interprétations personnelles de ces indices, il élabore un premier modèle de tâche (étape 1). Il s'agit d'une représentation du but à atteindre, de la planification d'une stratégie et des ressources qu'il pourrait utiliser pour atteindre ce but.

Puis, le lecteur évalue son besoin de rechercher des informations, au vu du modèle de tâche (étape 2). S'il pense posséder les informations dans sa mémoire à long terme ou s'il comprend mal la tâche (une erreur courante chez un enfant est de « comprendre » qu'il doit répondre aux questions à partir de ses propres connaissances) ou s'il pense que le « dossier » mis à sa disposition n'est pas utile pour répondre à la question alors il pourrait ignorer le dossier documentaire et produire une réponse uniquement à partir de ses propres connaissances (étape 4). Pour finir, il contrôle sa réponse (étape 5). Il évite donc les étapes 3a, 3b et 3c.

Dans le contexte d'une tâche de recherche d'information, il est attendu que l'élève ne réponde pas uniquement à partir de ses propres connaissances mais à partir du dossier documentaire mis à sa disposition. En fonction de ses ressources personnelles, de la question (ou plutôt de sa compréhension de la question), il est attendu que le lecteur interagisse avec le dossier mis à sa disposition, pour localiser des informations qui lui semblent utiles pour répondre respectivement aux questions (étape 3). Auquel cas, il est rare que le lecteur ait besoin d'utiliser tous les composants/nœuds du « dossier » (Rouet & Potocki, 2017, 2018). Au contraire, il utilise souvent le document de manière sélective, en fonction de son modèle de tâche. Ainsi, il est possible que le lecteur survole voire ignore des composants/nœuds. Cela l'amène à évaluer, a priori, la pertinence du contenu de chacun : dans quelle mesure tel ou tel composant/nœud pourrait contenir des informations utiles pour répondre à la question ? Pour ce faire, le lecteur peut utiliser les indices de structure, à condition qu'il sache les utiliser. Lorsque le lecteur sélectionne un composant/nœud, il le traite plus en détail. Au fil de son parcours de lecture, sous réserve qu'il ne soit pas trop désorienté, ni en surcharge cognitive, le lecteur élabore une représentation plus ou moins fine du contenu de chaque composant/nœud et des relations sémantiques (au-delà de l'identification des sources et des relations entre les sources qui relèvent de problématiques qui dépassent le cadre de cette thèse). Lorsque le lecteur estime qu'il dispose des informations pertinentes, il les traite et les transforme en une réponse (étape 4). Puis, il contrôle sa réponse par rapport à la dernière version de son modèle de tâche (étape 5). A ce stade, il décide que cette réponse est valide et stoppe son travail ; ou bien il invalide sa réponse, révisé son modèle de tâche et relance la recherche d'information.

Finalement, le modèle MD-TRACE considère trois des quatre entités du modèle général de la lecture fonctionnelle : le lecteur, la tâche et le matériel de lecture. La prise en compte du contexte n'est pas claire. Le modèle de tâche est présenté, comme le résultat d'une interprétation littérale de la question, uniquement. De plus, les aspects motivationnels ne sont pas spécifiés explicitement. Or, des études ultérieures au modèle MD-TRACE ont montré que pour une même tâche, la motivation (en l'occurrence le sentiment d'efficacité

personnelle vis-à-vis de la lecture) peut prédire l'engagement et in fine les performances : ces aspects sont développés en détail, plus loin dans ce manuscrit. Dans l'immédiat, nous présentons le modèle RESOLV qui dérive du modèle MD-TRACE.

## 1.2. Le modèle RESOLV

Le modèle RESOLV proposé par Rouet et al. (2017) s'adapte à toute situation de lecture de la vie courante, à partir de plusieurs sources d'information. A la différence de MD-TRACE, dans RESOLV, la demande (c'est-à-dire la consigne/question), le demandeur (c'est-à-dire la personne qui donne la consigne/question), le matériel de lecture, les aides et contraintes, les autres élèves de la classe, etc. sont regroupés sous l'étiquette « *Éléments du contexte* ». A cela s'ajoute un nouvel élément : « *Soi* ». Ce dernier désigne les représentations et les croyances du lecteur vis-à-vis de lui-même (en tant que lecteur) et vis-à-vis de la lecture, globalement ou en référence à la tâche. A partir des éléments du contexte et en interactions avec ses expériences antérieures de contextes similaires, le lecteur élabore un « modèle de contexte ». Ensuite, le lecteur élabore son modèle de tâche sur la base de son modèle de contexte, en interactions avec ses fonctions exécutives.

A la différence du modèle MD-TRACE, dans le modèle RESOLV, l'idée d'étape est fortement atténuée. Par contre, les aspects motivationnels y sont soulignés : « ... *RESOLV considère la lecture comme une séquence de décisions basée sur l'analyse bénéfices-coûts du lecteur.* » (Rouet et al., 2017, p. 212). A tout moment de son activité, au regard d'indices motivationnels prélevés (comme le sentiment d'efficacité personnelle, l'utilité et la valeur de la lecture / de la tâche / des enjeux), le lecteur évalue le bénéfice-coût à réaliser tout ou partie de la tâche, d'utiliser ou pas le matériel et les aides disponibles. Le résultat de cette évaluation détermine le niveau d'engagement du lecteur à fournir un effort mental soutenu. Les auteurs expliquent, cet « engagement sélectif » dans le travail, par le fait que la lecture fonctionnelle d'un ensemble de documents est une activité exigeante sur le plan cognitif.

Cet aspect a créé le besoin de se tourner vers la Théorie de la charge cognitive pour comprendre l'exigence liée à l'utilisation d'un hypertexte, notamment, lors d'une activité de recherche d'information chez des enfants.

## 2. Quels facteurs déterminent la charge cognitive ?

Prenant en compte l'avis et les recommandations du jury de la conférence de consensus à propos de la lecture numérique (cf. partie 1), l'objectif de cette section est de savoir pourquoi l'utilisation d'un hypertexte « *génère souvent une surcharge cognitive* » et de s'informer sur les moyens matériels « *d'alléger et assister* » les élèves.

Dans un premier temps, les concepts et principes généraux liés à la Théorie de la charge cognitive (Sweller, 1988 ; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019) sont présentés. Puis, les résultats d'études empiriques visant à éclairer la question de la charge cognitive liée à l'utilisation d'un hypertexte sont examinés. Pour finir, des pistes générales, pour alléger et assister un élève dans l'utilisation du document pour exécuter une tâche, sont exposées.

### 2.1. La Théorie de la charge cognitive : principes généraux

La Théorie de la charge cognitive est une application du concept de charge cognitive, en situation d'apprentissage. Elle est fondée sur le principe qu'un apprentissage mobilise la mémoire de travail (MDT) et la mémoire à long terme (MLT). La MDT a une capacité et une durée limitées. Par contre, la MLT n'a pas de limite de capacité connue. Lors d'une activité d'apprentissage, l'apprenant doit gérer dans sa MDT la charge cognitive liée à la complexité de la tâche et la charge cognitive liée à des informations qui occupent inutilement la MDT.

- **La charge cognitive liée à la complexité de la tâche**

Il s'agit de la charge cognitive intrinsèque (CCI). Plus il y a d'informations nouvelles à traiter et/ou plus il y a d'interactions entre ces informations, plus la CCI est élevée. Cette charge dépend de la tâche mais aussi des connaissances initiales de l'apprenant en rapport avec la tâche. Par exemple, rechercher une information dans un document génère une CCI plus élevée pour un élève de cours préparatoire que pour un lycéen (pour un même document et une même question) parce que l'élève du cours préparatoire ne déchiffre pas avec aisance, il ne maîtrise pas les habiletés de traitement du discours en continu, son lexique est pauvre, il ne connaît guère les stratégies de recherche d'information, etc.

- **La charge cognitive liée à des informations qui occupent inutilement la MDT**

Il s'agit de la charge cognitive extrinsèque (CCE). L'environnement peut directement générer de la CCE : par exemple, le bruit visuel ou sonore dans une salle de classe (Choi, van Merriënboer, & Paas ; Paas & van Merriënboer, 2020). L'effet peut aussi être indirect : c'est le cas, lorsque l'état émotionnel d'un élève n'est pas compatible avec la réalisation de la tâche (par exemple, à la suite d'une dispute avec un camarade). Le matériel qui sert à réaliser la tâche peut aussi générer de la CCE. Par exemple, lorsque les informations nécessaires pour réaliser la tâche se trouvent éloignées spatialement : une charge cognitive liée au partage d'attention entre les deux informations est alors générée (Pouw, Rop, De Koning, & Paas, 2019). Plus la somme de la CCI et de la CCE est réduite, plus la part de la MDT disponible pour traiter la CCI est importante. Cette part disponible allouée au traitement de la CCI s'appelle la charge cognitive essentielle ou germane. Pour un même élève, plus la CCI est réduite, plus l'élève pourra supporter une CCE importante, dans la limite de la capacité de sa MDT.

Ceci étant, pour qu'il y ait un apprentissage, il est nécessaire que l'apprenant fournisse l'effort cognitif requis pour réaliser la tâche (Paas & van Merriënboer, 2020). Mais d'après le modèle RESOLV, l'apprenant a tendance à fournir un effort cognitif à condition que ses perceptions du bénéfice à réaliser la tâche soit supérieur au coût (Rouet et al., 2017). Pendant longtemps, les théoriciens de la charge cognitive se sont centrés sur la tâche en tant que facteur de variation de la charge. Désormais, de la même manière que les modèles de la lecture-compréhension ayant une approche fonctionnelle (comme MD-TRACE et RESOLV), ceux de la TCC ont une approche globale de la situation d'apprentissage. La tâche, le matériel pour réaliser la tâche, l'apprenant, l'environnement et/ou le contexte sont examinés individuellement et en interactions, en tant que déterminants des performances (Rouet et al., 2017 ; Rouet & Britt, 2011) et de la charge cognitive (Chanquoy, Tricot, & Sweller, 2007). Une action pédagogique efficace, pour alléger et assister un élève qui a peu de ressources internes en rapport avec une tâche, consiste à libérer le plus possible de MDT au profit de la gestion de la CCI. Pour cela, il est possible d'agir sur un ou plusieurs de ces facteurs (Paas & van Merriënboer, 2020). Ceci permet d'optimiser l'effort cognitif alloué à la tâche par l'apprenant.

De nombreuses actions qui se sont révélées efficaces pour alléger et assister un apprenant sont présentées dans un récent article de Sweller et ses collaborateurs (2019). En complément, de manière non exhaustive, voici quelques exemples extraits de travaux empiriques :

- Guider l'apprenant dans l'exécution de sa tâche, en mettant en place un guidage métacognitif (López-Vargas, Ibáñez-Ibáñez, & Racines-Prada, 2016) ;
- Enrichir les connaissances initiales de l'apprenant, avant de commencer la tâche ;
- Favoriser la motivation de l'apprenant à fournir un effort cognitif en agissant favorablement sur son état émotionnel et/ou sur son sentiment d'efficacité personnelle (Choi, Van Merriënboer, & Paas, 2014) ;
- Limiter les éléments distracteurs qui pourraient détourner l'attention de l'apprenant (Paas & van Merriënboer, 2020).

En revanche, l'allègement de charge intrinsèque et/ou de la charge extrinsèque n'a pas d'effet voire pourrait entraver les apprentissages, chez des apprenants experts dans la réalisation de la tâche. Ce principe est connu sous l'anglicisme « reversal effect » (Sweller et al., 2019).

► Dans cette section, nous avons acquis des connaissances sur les principes généraux de la charge cognitive et les leviers permettant d'optimiser l'effort mental d'un élève voire de motiver son engagement à fournir un effort mental. La section suivante examine le cas particulier d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte.

## **2.2. Application des principes de la Théorie de la charge cognitive à une tâche de recherche d'information dans un hypertexte**

Lorsqu'une tâche nécessite d'utiliser un outil numérique, à la fois, la tâche, l'apprenant, l'environnement et l'outil numérique déterminent l'apprentissage (Amadiou, 2021). Du point de vue de la TCC, l'outil numérique et l'utilisation de l'outil numérique sont des facteurs supplémentaires de variation de la charge cognitive (Amadiou & Tricot, 2006).

### **▪ L'environnement physique**

Tout en sachant que l'environnement physique est un facteur qui a de plus en plus d'importance dans les modèles d'étude des activités de lecture fonctionnelle et de la TCC (Choi et al., 2014), nous ne l'avons pas pris en compte dans cette thèse.

## ▪ L'outil numérique

Dans le cas d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte, « l'outil numérique » comprend, en fait, l'hypertexte, l'appareil de lecture de l'hypertexte (par exemple, l'ordinateur, la tablette, etc.) et, le cas échéant, l'aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte (par exemple, une carte). L'hypertexte contient, entre autres, les informations pertinentes pour répondre à la question. L'appareil de lecture, même s'il est indissociable de l'hypertexte (sinon l'apprenant ne pourrait pas lire et interagir avec l'hypertexte), doit être traité en tant que facteur de variation de la charge cognitive. Enfin, l'aperçu de la structure du contenu du document est un outil mis à la disposition de l'apprenant pour l'assister dans la réalisation de la tâche ou dans l'utilisation d'un des outils numériques.

### - Concernant l'hypertexte

Dans des articles désormais assez anciens, l'hypertexte est comparé à un document linéaire imprimé (Amadiou, Van Gog, Paas, Tricot, & Mariné, 2009 ; DeStefano & LeFevre, 2007 ; Salmerón & García, 2012). Avec ce référentiel, deux facteurs sont en jeu : le support de lecture (papier VS écran) et la structure (linéaire VS non linéaire). L'hypertexte est présenté comme étant un support qui offre plus de liberté au lecteur dans son parcours de lecture. En revanche, le lecteur peut se désorienter : phénomène « *Lost in space* » (Caro, 2017). Un hypertexte destiné à la jeunesse est présenté dans un « cadre intégrateur » censé être un élément facilitateur (Jamet et al., 2008) pour réaliser une tâche scolaire. Pourtant les risques de désorientation et de surcharge cognitive sont importants chez les enfants, lorsqu'ils utilisent ce matériel de lecture.

Par ailleurs, plusieurs critères de conception de l'hypertexte font varier la charge cognitive liée à un hypertexte (Herrada-Valverde G. & Herrada-Valverde, R.I., 2017) : les hyperliens, la granularité et le nombre de nœuds, la structure, le type et le nombre d'hyperliens, et les aperçus de structure. La structure physique d'un hypertexte dépend de la façon dont le concepteur a relié les nœuds entre eux : elle définit les possibilités mais aussi les limites de la navigation. Les principales structures sont linéaires ou en réseau ou hiérarchiques. Toutefois, il existe une quasi infinité de structures intermédiaires entre ces structures principales. Ensuite, les auteurs distinguent la structure physique et la structure sémantique. Un hypertexte ayant une structure sémantique hiérarchique peut « avoir été assemblé » selon une structure physique linéaire ou hiérarchique (Fesel, Segers, & Verhoeven, 2018). Néanmoins, il est important que la structure physique respecte la structure sémantique de l'hypertexte. Pour des élèves ayant peu de connaissances sur le thème dont traite un hypertexte, une structure hiérarchique serait plus adaptée qu'une structure en réseau

(Amadiou & Salmeron, 2014). Avec ce profil d'apprenant, ce type de structures réduirait les perceptions d'effort mental, le sentiment de désorientation (Amadiou, van Gog, Paas, Tricot, & Mariné, 2009) et permettrait d'obtenir de meilleures performances (Amadiou et al., 2009 ; Sarrafzadeh, Vtyurina, Lank, & Vechtomova, 2016).

- Concernant l'appareil de lecture du document numérique

Il ressort, de la récente méta-analyse menée par Delgado, Vargas, Ackerman et Salmerón (2018), que la lecture sur écran tend à être plus superficielle que la lecture sur papier : en particulier, pour lire un texte documentaire. Cet effet est accru lorsque le lecteur doit scroller pour lire le document (c'est-à-dire lorsque le contenu n'est pas lisible intégralement sur l'écran). Cependant, il n'est pas certain que les performances plus faibles soient dues au support. Cela pourrait être plutôt dû au comportement du lecteur vis-à-vis de la lecture numérique. En effet, lorsqu'il utilise internet pour obtenir une information (c'est-à-dire à partir d'un ensemble de documents), un lecteur a envie d'obtenir une réponse rapidement et avec un minimum d'effort cognitif. Cette envie peut induire un comportement inefficace. Toutefois, ces résultats concernent la lecture sur un écran d'ordinateur. Les connaissances scientifiques sur les effets d'un écran de tablette, par rapport au papier, sont minces. Les résultats de l'étude de Salmerón, Delgado, Vargas et Gil (2021) apportent néanmoins quelques éclairages. Ils montrent que les enfants ayant des difficultés en lecture-compréhension d'un texte linéaire imprimé ont obtenu de moins bonnes performances sur tablette que sur papier. Par contre, chez les « bons lecteurs », il n'y avait pas de différence significative, selon les deux supports.

Par ailleurs, des enfants ont du mal à résister à la tentation de réaliser des activités distrayantes avec des applications et fonctionnalités de la tablette qui n'ont rien à voir avec la tâche : nous avons développé cet aspect dans le chapitre 4, notamment en citant les travaux de Sheppard (2011). Ces enfants transfèreraient, en situation d'apprentissage scolaire, des habitudes prises à la maison dans le contexte d'un usage du numérique autonome (sans apprentissage explicite) et souvent à des fins ludiques. Cette interprétation amène Salmeron et ses collaborateurs (2021) à penser que des solutions se trouveraient plutôt du côté de l'éducation : à l'école mais aussi auprès des parents.

- Concernant l'aperçu de la structure du contenu

Divers aperçus ont été testés mais principalement des menus et des aperçus graphiques de la structure physique et/ou sémantique du document (Caro, 2017 ; Colliot, 2018 ; Nilsson &

Mayer, 2002 ; Rouet, 2006 ; Sarrafzadeh et al., 2016 ; Urakami, 2019 ; Vörös, Rouet, & Pléh, 2011). De plus, dans le contexte d'une activité de recherche d'information en ligne, Djouani, Dambreville et Boucheix (2015) ont étudié l'effet d'un plan de site basé sur les principes du « théâtre de mémoire » permettant de prévisualiser le contenu de chaque nœud. L'aperçu graphique de la structure physique et sémantique d'un hypertexte a retenu notre attention car ce dispositif de guidage a fait l'objet de nombreuses publications dans le contexte d'une activité de lecture-compréhension (Amadiou & Salmeron, 2014). Ce volet de notre documentation scientifique est développé dans le chapitre suivant (chapitre 3).

### ▪ La tâche

Lorsque la tâche consiste à rechercher des informations dans un document pour répondre à une question, la question est un facteur de variation de l'exigence cognitive de la tâche (Djouani et al., 2015 ; Mosenthal, 1996 ; Ozuru, Best, Bell, Witherspoon, & McNamara, 2007). Une question peut être une source de CCE si elle est mal formulée. Au-delà de cet aspect, dans sa thèse, Julie Ayroles (2020) propose une grille d'évaluation de l'exigence cognitive des questions. Elle se base sur trois dimensions : les processus cognitifs sous-jacents, le nombre d'informations à traiter et l'accessibilité de l'information.

#### - Les processus cognitifs sous-jacents

Cinq principaux processus ont été identifiés selon les types de question : la localisation, l'itération, la compréhension, l'intégration intertexte et le jugement de l'information. La localisation consiste à localiser une information dans un nœud. L'itération consiste à répéter une tâche de localisation pour collecter des informations explicites dans différentes parties du document. L'intégration consiste à sélectionner et mettre en relation au moins deux informations.

#### - Le nombre d'informations à traiter

Plus il y a d'informations à traiter, plus la demande cognitive est importante.

#### - L'accessibilité de l'information utile pour répondre à la question

Cette dimension reprend les notions d'information explicite VS implicite avec une gradation de complexité croissante : 1. Répondre sur la base d'informations explicitement notées dans le texte ; 2. Répondre à partir d'informations explicitement notées dans le texte ; 3. Répondre au-delà d'informations explicitement notées dans le texte et de ses propres connaissances.

Ceci étant, dans la littérature, nous avons trouvé d'autres dimensions qui caractérisent l'exigence cognitive des questions. A savoir, une correspondance lexicale entre les indices de structure de l'hypertexte et la question, et la distance de navigation (nombre de nœuds à ouvrir) pour atteindre un nœud-cible.

- La correspondance lexicale entre les mots-clefs de la question et les indices de structure du document (Mosenthal, 1996)

La recherche d'information par la stratégie de correspondance lexicale terme à terme consiste à balayer le texte à la recherche d'un appariement entre un ou des mots-clefs de la question et ceux du document (notamment un sous-titre). Cette stratégie cognitivement économe est privilégiée par tous les profils de lecteurs. Elle a été observée chez des chercheurs d'information plutôt expérimentés (Salmerón González, Cerdán Otero, & Naumann, 2015) et chez des jeunes ayant peu de ressources, alors qu'ils travaillaient à partir d'un document linéaire (Cerdán, Gilabert, & Vidal-Abarca, 2011 ; Rouet, Ros, Goumi, Macedo-Rouet, & Dinet, 2011). Cependant, cette stratégie est efficace sous réserve de posséder un niveau d'habiletés métacognitives et de connaissances lexicales suffisamment élevé pour éviter des appariements avec des termes « distracteurs » comme, par exemple, un château de cartes / un château-fort (Cerdán et al., 2011 ; Rouet et al., 2011). En l'absence de correspondance lexicale, une stratégie alternative possible consiste à établir une correspondance sémantique (avec un mot synonyme) mais ceci requiert des ressources internes plus avancées (Salmerón et al., 2015).

- La distance de navigation

Pour une tâche de recherche d'information dans un hypertexte, les résultats sont assez controversés, en ce qui concerne l'effet de la distance de navigation à parcourir pour accéder au nœud-cible (c'est-à-dire celui qui contient l'information pertinente pour répondre à la question). D'un côté, plus il est nécessaire d'ouvrir des nœuds intermédiaires pour accéder au nœud-cible plus la désorientation serait importante (Gwizdka & Spence, 2017 in Bayazit, Bayram, & Cumaoglu, 2018). D'un autre côté, les résultats de l'étude de Bayazit et al. (2018) sont plus nuancés. Ils ont montré que la désorientation mesurée à partir des traces de navigation (mesure objective) était la plus importante pour la question la plus simple (traiter cette question nécessitait un seul pas de navigation). Une explication serait que les participants ont beaucoup navigué parce qu'ils ont, a priori, perçu la question difficile à traiter. Ainsi, d'après les résultats de cette étude, des facteurs subjectifs détermineraient le comportement du chercheur d'information.

## ▪ **La tâche d'utilisation du matériel**

Dans le cas d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte, la tâche d'utilisation du matériel consiste essentiellement à naviguer pour localiser, accéder et, le cas échéant, mettre en relation des informations contenues dans des nœuds différents. Sans utiliser le matériel numérique, l'apprenant ne peut pas naviguer dans l'hypertexte et donc, il ne peut pas réaliser le travail attendu. La tâche (c'est-à-dire la question à laquelle l'élève doit répondre) et la situation des nœuds-cibles déterminent l'utilisation du matériel numérique. Or, globalement, les résultats de nombreuses études ont prouvé que la navigation dans un hypertexte est une phase complexe de l'exécution de la tâche de recherche d'information (Bétrancourt & Caro Dambreville, 2006 ; Caro, 2017 ; DeStefano & LeFevre, 2007). Si le coût cognitif lié à l'utilisation de l'hypertexte est trop important, l'atteinte des buts de la tâche de recherche d'information risque d'être entravée. C'est exactement sur ce point que le jury de la conférence de consensus sur la lecture-compréhension (2016), à propos de la lecture numérique, a signalé un risque de surcharge cognitive et a recommandé de soutenir les élèves de l'école primaire (cf. chapitre 1). D'un côté, un aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte pourrait soutenir les processus cognitifs. Mais, d'un autre côté, l'aperçu ou l'utilisation de l'aperçu pourrait occasionner une CCE : ce qui pourrait in fine entraver l'atteinte des buts liés à la tâche de recherche d'information (Bezdan, Kester, & Kirschner, 2013 ; Urakami, 2019).

## ▪ **L'apprenant**

Du point de vue de la TCC, plus le niveau de ressources internes en rapport avec la tâche ou en rapport avec le matériel utilisé pour réaliser la tâche est élevé, moins la charge cognitive liée aux processus cognitifs est forte et plus l'effort cognitif est optimisé. Connaître les ressources internes qui déterminent la recherche d'information dans un hypertexte permet de mieux planifier les enseignements. Par exemple, dès la fin du cycle 2 (7-8 ans), les élèves apprennent à rechercher des informations dans un document imprimé (Rouet et Coutelet, 2008). Ainsi, nous nous sommes demandé, entre autres : Est-ce que ces connaissances et habiletés sont transférables pour réaliser la même tâche à partir d'un hypertexte ?

Dans le chapitre suivant (chapitre 3), nous avons approfondi l'état de l'art sur l'implication des ressources internes.

### 3. Conclusion du chapitre 2

A l'issue de ce chapitre, à propos de la complexité d'une activité de recherche d'information dans un hypertexte et sur les moyens d'optimiser les efforts cognitifs d'un élève, certains points saillants sont à souligner.

- **Concernant les modèles qui décrivent les processus cognitifs sous-jacents à une activité de recherche d'information et les variables prédictives**

La recherche d'information à partir d'un document, pour répondre à une question donnée, est une activité de lecture fonctionnelle. Il fait consensus qu'une activité de lecture fonctionnelle implique à la fois l'apprenant, la tâche, le matériel de lecture et le contexte. Ces quatre facteurs sont en interactions au cours de l'activité. Ainsi, les modèles classiques de la lecture-compréhension sont limités pour décrire les processus cognitifs sous-jacents. Le modèle MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011) est plus adapté : notamment dans le cas où le matériel de lecture est un ensemble de documents et dans un contexte scolaire.

MD-TRACE décrit cinq principales étapes linéaires : 1) L'élève étudie la consigne et il élabore un modèle de tâche ; 2. Au vu de ce modèle, soit il décide de cesser l'activité (par exemple, lorsqu'il pense connaître la réponse), soit il décide de poursuivre l'activité en utilisant le matériel de lecture mis à sa disposition. Dans le contexte scolaire des études de cette thèse, il est prévu de demander explicitement aux élèves de rechercher les informations dans le « dossier documentaire » mis à leur disposition pour répondre à des questions données. Ainsi, nous avons estimé que les élèves devraient peu investir l'évaluation du besoin de répondre à la question à partir de leur mémoire plutôt qu'à partir du dossier. Après avoir lu la question, chacun devrait décider de poursuivre sa recherche d'information à partir du « dossier documentaire » ; 3) L'élève devrait donc mobiliser ses ressources internes, les indices de structure (et autres outils, le cas échéant) pour rechercher les informations pertinentes au regard de la question. Il peut aussi prendre des notes intermédiaires pour soulager sa mémoire de travail ; 4) Il extrait les informations et formule une réponse ; 5. Il contrôle sa réponse au regard du modèle de tâche. Au fil de son activité, l'élève peut ajuster son modèle de tâche. Les ressources internes de l'élève, les ressources externes mises à sa disposition et celles qu'il produit lui-même interagissent durant l'activité.

Le modèle RESOLV (Rouet et al., 2017) dérive du modèle MD-TRACE. Cependant, dans RESOLV, la linéarité des processus a disparu. Par contre, les aspects motivationnels sont

mis en relief et les chercheurs ont ajouté un facteur « contexte ». Le modèle RESOLV est particulièrement adapté pour examiner l'effet du contexte d'une activité. Il n'est pas spécifique à un contexte scolaire.

#### ▪ **Concernant les moyens d'optimiser l'activité cognitive d'un élève**

A l'instar des théoriciens de la lecture-compréhension (fonctionnelle), les théoriciens de la charge cognitive proposent une approche systémique, pour examiner la charge liée à une situation d'apprentissage. L'apprenant, la tâche et l'environnement sont en interactions. Agir sur un déterminant a des conséquences sur l'ensemble du système. Si la tâche est réalisée au moyen d'un outil numérique, à la fois l'apprenant, l'environnement, l'outil numérique, la tâche d'apprentissage et la tâche d'utilisation de l'outil sont des facteurs de variation de la charge cognitive. Dans le cas d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte lu sur tablette, l'environnement (c'est-à-dire l'école, le groupe-classe, etc.), les ressources internes de l'apprenant, la tâche d'apprentissage (laquelle est déterminée par le type de question), l'hypertexte, la tâche d'utilisation de l'hypertexte et la tâche d'utilisation de la tablette, en interactions les uns avec les autres, seraient des facteurs de variation de la charge cognitive.

Du fait de la fragmentation et de la non linéarité d'un hypertexte, la tâche d'utilisation du document pour réaliser la tâche de recherche d'information est complexe : d'autant plus qu'un enfant de fin d'école primaire est novice en la matière. Pour optimiser l'effort cognitif, une solution est d'alléger la charge cognitive liée à l'utilisation de l'hypertexte : un aperçu graphique de la structure physique et sémantique du contenu pourrait servir à cet effet.

Les connaissances théoriques de base sur la complexité d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte et les moyens « d'alléger » la charge des élèves étant posés, il est désormais nécessaire d'approfondir les questions liées aux implications respectives des ressources internes et d'un aperçu de la structure du contenu d'un hypertexte. Ces questions sont traitées dans le chapitre suivant (chapitre 3).

## **Chapitre 3 : Approfondissement sur l'implication des ressources dans une activité de recherche d'information**

Le modèle MD-TRACE indique que les processus cognitifs sous-jacents à une activité de lecture fonctionnelle (comme la recherche d'information dans un ensemble de documents) mobilisent des ressources internes et des ressources externes. Les ressources internes concernent, d'une part, les ressources permanentes dont dispose l'élève (ce sont des ressources qui peuvent évoluer mais qui sont déjà disponibles au moment de commencer l'activité) et, d'autre part, des ressources transitoires (ce sont des ressources que l'élève élabore en cours de travail : par exemple, le modèle de tâche et le modèle documentaire). Les ressources externes sont les questions données par l'enseignant.e, les ressources documentaires (dont le « dossier documentaire », les organisateurs de contenu, etc.) et les traces intermédiaires produites par l'élève en cours de travail (par exemple, ses prises de notes). Les ressources externes produites par l'élève ne sont pas traitées dans cette thèse.

Alors que d'un côté, MD-TRACE met en avant l'implication de ressources internes permanentes (cognitives et métacognitives), d'un autre côté, les modèles récents de la TCC et le modèle RESOLV (lequel dérive du modèle MD-TRACE) soulignent l'importance de prendre aussi en compte les aspects motivationnels et émotionnels des ressources internes. L'objectif de ce chapitre est, premièrement, d'approfondir la littérature sur des ressources internes permanentes connues, sur les aspects cognitifs et motivationnels. Deuxièmement, l'objectif est d'approfondir la littérature du côté des ressources externes énoncées dans MD-TRACE : les types de question que l'enseignant.e donne à l'élève et les aperçus de la structure du contenu du « dossier documentaire ». Une focale est réalisée sur un aperçu de structure du contenu du type « carte graphique ». Il s'agit d'une représentation de la structure physique et sémantique de l'hypertexte que nous désignons, ci-après, plus simplement, sous le terme de « carte ». Les articles scientifiques traitant de travaux menés chez des enfants, dans un contexte scolaire, en fin d'école primaire, pour une tâche de recherche d'information, dans un hypertexte ou dans un document non linéaire imprimé, ont été étudiés en priorité. Cependant, pour enrichir notre documentation, nous avons dû l'élargir à des niveaux scolaires supérieurs (collège voire lycée), tout en restant dans le même contexte, le même type de tâche et le même type de document.

# **1. Effet de ressources internes : aspects cognitifs et motivationnels**

La littérature scientifique est assez riche sur des effets potentiels de ressources internes permanentes : c'est-à-dire les caractéristiques de l'enfant en rapport avec la tâche. Il est possible de les classer en deux grandes catégories : celles ayant trait à la lecture et celles ayant trait aux usages du numérique. En effet, comme la recherche d'information dans un hypertexte sous-tend une tâche d'utilisation d'outils numériques, les habiletés ad hoc ont été testées : par exemple, l'expérience dans l'utilisation d'internet, la capacité à évaluer a priori la pertinence de documents proposés par un moteur de recherche (Hahnel, Goldhammer, Naumann, & Kröhne, 2016 ; Naumann, 2015), .... Il en ressort que les habiletés numériques tendent à soutenir de meilleures performances : l'efficacité dans la navigation médiatisant cette relation. Cependant, comme les écoles du terrain de cette thèse venaient d'être équipées en appareils numériques, nous avons considéré que les élèves (public-cible de cette thèse) n'avaient pas eu le temps de développer des habiletés spécifiques aux usages du numérique lors de séances d'enseignement explicite. Pour cette raison, nous n'avons pas examiné, dans cette thèse, les ressources internes relatives aux usages du numérique.

En revanche, conformément au programme officiel, tout élève d'école primaire bénéficie d'un enseignement régulier et explicite visant à développer ses habiletés en lecture : en l'occurrence, des habiletés en lecture-compréhension d'un document linéaire (le plus souvent littéraire) au sens du modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988) et des habiletés en lecture fonctionnelle au sens du modèle MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011). Enfin, comme le modèle RESOLV qui émane du modèle MD-TRACE souligne l'importance des aspects motivationnels, la documentation sur l'implication de ces types de variables a également été consultée : en l'occurrence, l'implication du sentiment d'efficacité personnelle.

## **1.1. L'implication des habiletés dans les procédures et mécanismes de base en lecture-compréhension**

Quatre grandes catégories d'habiletés sont impliquées dans les procédures et mécanismes de base en lecture-compréhension (Bianco, 2015) : l'identification des mots (décodage direct et indirect), le traitement du discours en continu (inférences locales et globales, stratégies d'évaluation-régulation de la lecture), des connaissances stockées en mémoire à long terme (lexique, structures textuelles, connaissances métatextuelles, syntaxe, théorie de l'esprit, etc.) et l'efficacité cognitive (attention, mémoire, raisonnement, etc.). Certains chercheurs

ont examiné l'implication d'une catégorie en particulier comme l'identification des mots. D'autres ont examiné globalement l'implication des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire imprimé.

### ▪ **Les habiletés en identification des mots**

Voici deux études sur l'effet des habiletés en identification des mots sur la navigation et les performances. L'étude 1 concerne des élèves de 6<sup>ème</sup> (début du collège, 11-12 ans). L'étude 2 concerne des élèves de la 5<sup>ème</sup> (mi-collège, 12-13 ans) à la 2<sup>de</sup> (début du lycée, 15-16 ans).

#### - Etude 1 (Fesel et al., 2018)

Dans cette étude, les habiletés en décodage ont été évaluées au moyen d'un test de fluence pour la lecture de mots. Le score a été calculé en nombre de mots correctement lus en une minute. La tâche-test consistait à rechercher des informations successivement dans quatre hypertextes, selon deux conditions de structure (linéaire VS hiérarchique) croisées à deux conditions de guidage (avec carte VS sans carte). Le temps de la tâche de recherche d'information n'était pas contraint. Les résultats ont montré que, plus les élèves décodaient avec aisance, meilleures étaient les performances.

#### - Etude 2 (Salmerón, García, & Vidal-Abarca, 2018)

Dans cette étude, les habiletés en décodage ont été évaluées au moyen d'un test de discrimination de mots dans une chaîne de lettres. Le score a été calculé en nombre de mots discriminés en 90 s. De plus, une partie des participants a réalisé un test de fluence de mots et de pseudo-mots. Les analyses ont montré une corrélation significative entre les résultats des deux tests en décodage. Ensuite, la tâche-test consistait à rechercher des informations dans le simulateur d'un site web comme Wikipédia. Les résultats ont montré que les habiletés en décodage augmentaient avec le niveau de scolarisation : les élèves de 16 ans décodaient mieux que les élèves de 12 ans. Cependant, ces habiletés n'avaient aucun effet significatif sur les performances en recherche d'information en ligne, ni sur l'efficacité de la navigation. En revanche, plus les élèves décodaient vite, plus ils prenaient des décisions rapidement et lisaient rapidement les contenus.

► De manière très schématique, la recherche d'information dans un hypertexte consiste à sélectionner les hyperliens qui permettent d'ouvrir les nœuds pertinents. Puis, à traiter les nœuds sélectionnés, pour extraire les informations utiles pour répondre à la question. Un décodage laborieux occuperait de la place en mémoire de travail au détriment des processus qui sous-tendent la tâche principale : c'est-à-dire la recherche d'information. Ainsi, comme au début du collège, les habiletés en décodage ne sont pas encore maîtrisées, elles déterminent l'efficacité de la recherche d'information. A partir du milieu du collège, elles seraient un outil au service des stratégies de recherche d'information.

▪ **Effet des habiletés en lecture-compréhension d'un texte documentaire linéaire imprimé**

Pour examiner globalement l'effet des habiletés initiales en lecture-compréhension d'un texte linéaire sur la navigation et le traitement du contenu des nœuds, il existe un test standardisé. Il s'agit du « Test des processus de compréhension » (Martinez, Vidal-Abarca, Selles, & Gilabert, 2008). Lors de la passation du test, les élèves doivent lire le texte en entier avant de recevoir les questions. Cette lecture préliminaire est censée favoriser l'élaboration d'un modèle de situation du contenu du texte documentaire, avant de réaliser la tâche de recherche d'information. Les questions permettent de tester les habiletés des élèves à traiter des items correspondant à quatre principaux processus de lecture-compréhension d'un texte linéaire (Kintsch, 1988 ; Kintsch & van Dijk, 1978) : comprendre une information explicitement notée dans le texte, réaliser des inférences à partir des informations notées dans le texte, réaliser des inférences locales à partir de ses propres connaissances, former une macro-idée à partir de plusieurs informations notées dans le texte (par exemple, généraliser). Une fois que les élèves ont reçu les questions, ils peuvent relire le texte, autant que de besoin, pour répondre aux questions. De cette manière, les concepteurs du test visent à minimiser l'implication de la mémoire à long terme dans les processus cognitifs.

Salmerón et García (2012) ont utilisé ce test pour examiner l'implication des habiletés chez des jeunes collégiens, selon deux conditions de supports : papier VS hypertexte. En condition « hypertexte », les élèves naviguaient obligatoirement via une carte graphique de la structure du contenu. En condition « papier », les élèves travaillaient à partir d'un ensemble de documents reliés selon une structure physique linéaire (à la manière d'un livret). Ces derniers disposaient aussi d'une carte de la structure du contenu placée au début

du livret. Le dispositif expérimental ne permettait pas de savoir si et, le cas échéant, à quel point les élèves ont utilisé la carte imprimée. La tâche-test consistait à rechercher des informations pour répondre à des questions de localisation et à des questions d'intégration. Les résultats ont indiqué que les habiletés en lecture d'un document linéaire imprimé soutenaient les performances sur papier comme sur hypertexte : ceci pour tous les types de question (localisation VS intégration).

Le même test a été utilisé, chez des élèves de 15-16 ans (début du lycée dans le système scolaire français). Cette fois-ci, les chercheurs (Salmerón et al., 2015) voulaient examiner l'implication des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire dans les stratégies de sélection des hyperliens. Pour ce faire, les chercheurs ont manipulé les questions et les hyperliens disponibles dans chaque nœud. Chaque nœud contenait trois hyperliens : un hyperlien dit « pertinent » (c'est-à-dire un hyperlien qui permettait d'ouvrir un nœud qui contenait les informations pour répondre à la question) et deux nœuds dits « non pertinents ». Parmi les deux nœuds non pertinents, l'un avait une correspondance terme à terme avec un mot-clef de la question, l'autre n'avait pas de correspondance avec la question. Par ailleurs, pour les nœuds pertinents, la question comportait soit un mot-clef avec correspondance terme à terme avec l'hyperlien correspondant, soit un mot-clef avec correspondance sémantique avec l'hyperlien (par exemple, un mot synonyme se trouvait à la place de la correspondance terme à terme). La variable dépendante était le nombre de fois que chaque hyperlien a été sélectionné. Après l'évaluation des habiletés en lecture-compréhension initiale, les élèves ont recherché des informations dans l'hypertexte, sans exploration préliminaire du document. Les résultats étaient différents selon la question et le niveau de maîtrise des habiletés initiales en lecture-compréhension d'un texte linéaire. Pour la question comportant une correspondance terme à terme avec l'hyperlien qui ouvrait le nœud pertinent, les élèves ont souvent sélectionné l'hyperlien qui ouvrait un nœud pertinent, quel que soit leur niveau d'habiletés en lecture-compréhension. Ils ont rarement sélectionné l'hyperlien qui ouvrait un nœud non pertinent et qui n'avait pas de correspondance terme à terme avec la question. Le nombre de sélections de l'hyperlien avec correspondance terme à terme avec la question mais qui n'ouvrait pas un nœud pertinent était intermédiaire entre les deux précédents. En revanche, pour la question comportant une correspondance sémantique (c'est-à-dire un synonyme) avec un hyperlien qui ouvrait le nœud pertinent, seuls les élèves ayant un niveau élevé en lecture-compréhension ont souvent sélectionné l'hyperlien qui ouvrait le nœud pertinent. Les élèves malhabiles ont été perturbés par l'absence de correspondance terme à terme. Ces résultats ont montré que la sélection des hyperliens mobilise des habiletés impliquées dans les procédures et mécanismes de base en lecture-compréhension. Ces habiletés aident à inférer sur le contenu des nœuds qui

correspondent respectivement aux hyperliens disponibles dans le nœud antécédent. Elles favorisent la sélection des nœuds pertinents et évitement des nœuds non pertinents.

Toutefois, les résultats d'une étude menée auprès de collégiens âgés de 11 à 15 ans (Salmeron, Naumann, García, & Fajardo, 2017) tendent à nuancer l'implication des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire. En effet, dans cette étude, les élèves ont recherché des informations également dans un simulateur d'un site internet comme Wikipédia. Avant de commencer la tâche de recherche d'information, les chercheurs n'ont pas demandé aux participants de lire l'ensemble de l'hypertexte. Les résultats ont montré que plus des élèves habiles en lecture-compréhension d'un texte linéaire imprimé avaient balayé l'hypertexte plus les performances étaient faibles. Une interprétation serait que des « bons compreneurs » ne sont pas forcément des « bons chercheurs d'information ». Ainsi, les habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire imprimé ne soutiendraient que partiellement les processus cognitifs sous-jacents à une tâche de recherche d'information dans un ensemble de documents : notamment, le déchiffrage, le traitement du discours en continu, la réalisation d'inférences locales et entre différentes informations. Or, une recherche d'information efficace implique aussi des habiletés et connaissances dans l'utilisation des indices métatextuels et des habiletés d'évaluation-régulation de l'activité de recherche d'information : ces ressources internes permettraient de sélectionner les nœuds pertinents et d'éviter les nœuds non pertinents.

Pour ces raisons, Llorens Tatay et des collaborateurs (2011) considèrent que le Test des processus de compréhension (cf. supra) est limité pour évaluer l'implication des habiletés en lecture-compréhension dans une activité de recherche d'information à partir d'un ensemble de documents. Ils ont, alors, conçu le test CompLEC, pour tester le niveau de maîtrise des habiletés en recherche d'information (lecture fonctionnelle). Ce test est inspiré du test PISA (version « papier-crayon »). Le protocole prévoit que les élèves travaillent à partir de trois documents linéaires et deux documents non linéaires (composites et multiples). Ils reçoivent les questions en même temps que les documents. Il n'y a pas de phase de lecture préliminaire des documents comme dans le Test des processus de compréhension. Parce qu'il n'est pas possible de tout lire, une stratégie efficace consiste à sélectionner les documents (voire des parties des documents sélectionnés), au regard de la question. Ainsi, le test CompLEC reproduit des situations de recherche d'information proches « de la vie courante ».

- **Effet des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé**

Naumann & Salmerón (2016) ont utilisé le test CompLEC pour examiner l'implication des habiletés initiales en recherche d'information sur papier sur les processus de recherche d'information dans un hypertexte. L'indicateur d'efficacité de la navigation correspondant à la tâche-test correspondait aux ouvertures de noeuds pertinents et à l'évitement de noeuds non pertinents. Étaient considérés comme pertinents, les noeuds-cibles (c'est-à-dire ceux qui contenaient une information utile pour répondre à la question donnée) et, le cas échéant, les noeuds intermédiaires pour accéder aux noeuds-cibles. Comme prévu les résultats ont montré que les habiletés en recherche d'information sur papier favorisaient la sélection des noeuds pertinents et l'évitement des noeuds non pertinents. Les résultats ont aussi montré que la relation positive entre l'efficacité de la navigation et les performances dépendait du niveau initial de maîtrise des habiletés en recherche d'information. Plus le niveau était élevé, plus la navigation prédisait les performances. Selon l'interprétation des chercheurs, il ne suffit pas qu'un élève sélectionne des noeuds pertinents, pour obtenir de bonnes performances. Il doit aussi être capable de traiter le contenu des noeuds pertinents. Ainsi, pour répondre à une question de localisation d'une information factuelle, un élève ayant peu d'habiletés initiales pourrait localiser un noeud-cible par une stratégie dite de bas niveau (par exemple, par correspondance terme à terme entre la question et un hyperlien qui permet d'ouvrir un noeud-cible). Auquel cas, même si le niveau d'efficacité de la navigation est élevé, les performances pourraient être faibles. Néanmoins, il est important de noter que cette étude a été menée avec des élèves âgés de 11 à 16 ans. Nous pouvons nous demander si des enfants de fin d'école primaire sont capables d'utiliser des indices de structure du contenu pour localiser efficacement des noeuds-cibles au regard de la question donnée. L'étude menée par Potocki, Ros, Vibert et Rouet (2017) est très intéressante, à ce propos. Au cours de cette étude, des enfants de 10 ans ont recherché des informations dans un document multiple imprimé, pour répondre à des questions. Avant de rechercher les informations pertinentes pour répondre aux questions, les enfants ont passé un test d'évaluation des connaissances métatextuelles (nature et fonction des organisateurs : paragraphe, titre, etc.). Puis, pour observer le comportement des enfants au cours de la tâche-test, les chercheurs ont utilisé des techniques d'oculométrie. Les résultats ont montré que, seuls les enfants ayant un bon niveau d'habiletés métatextuelles ont su mettre en place une stratégie de lecture dite « descendante », pour rechercher des informations. Ils ont « scanné » le document en s'appuyant sur les organisateurs textuels (sous-titres). Puis, ils ont lu en profondeur les parties qui leur semblaient pertinentes. Par contre, les enfants qui

avaient peu d'habiletés métatextuelles n'ont pas su tirer profit des organisateurs. Ils ont pratiqué une stratégie de lecture linéaire depuis le début du document.

► La recherche d'informations dans un ensemble de documents assemblés sur un support hypertextué consiste à localiser, ouvrir et traiter le contenu de nœuds-cibles. L'implication de diverses ressources cognitives a été testée, sur l'efficacité de la navigation et sur les performances : des habiletés en décodage, des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire, et des habiletés en recherche d'information. Les habiletés en décodage font partie des quatre grandes catégories d'habiletés impliquées dans les processus et mécanismes de base de la lecture-compréhension. Il en ressort que, globalement, les habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire seraient nécessaires mais pas suffisantes pour réussir une activité de recherche d'information dans un hypertexte. En fait, la recherche d'information dans un hypertexte mobiliserait des habiletés en lecture-compréhension de base et des habiletés métatextuelles (connaissances et habiletés dans l'utilisation des organisateurs de structure).

Le test CompLEC (Llorens Tatay et al., 2011) serait adapté pour évaluer les habiletés en recherche d'information dans un document imprimé. Ce test s'inspire des outils de l'évaluation internationale du niveau de maîtrise de la littératie scolaire des élèves âgés de 15 ans (c'est-à-dire l'évaluation PISA réalisée en fin de scolarité obligatoire). CompLEC est donc trop complexe pour des enfants de fin d'école primaire : pour ces derniers, un test inspiré de l'outil d'évaluation PIRLS serait plus adapté.

Cependant, à côté des aspects cognitifs, des théories récentes de la lecture et plus largement de la lecture dans un contexte d'apprentissage scolaire engageant, de plus en plus, les chercheurs à s'intéresser aux aspects motivationnels. Le modèle MD-TRACE, implicitement, va dans ce sens. Au cours de l'étape 1, le lecteur interprète la tâche selon ses expériences antérieures d'une tâche similaire et sa représentation des documents et des aides disponibles. Il est possible que des élèves répondent à la question sans utiliser le document mis à disposition. Le modèle RESOLV souligne

les aspects motivationnels et l'importance des perceptions quant au bénéfice-coût de rechercher des informations dans le dossier documentaire et d'utiliser les outils disponibles (par exemple, une carte de la structure du contenu). Ce modèle affiche explicitement le « soi », parmi les éléments du contexte, en référence aux croyances du lecteur envers ses capacités à réaliser la tâche. Il est donc justifié de poursuivre notre documentation sur les aspects motivationnels.

## **1.2. Implication du sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis d'une tâche de lecture et de l'utilisation du numérique**

### **▪ Définition des concepts**

Avant de parler du sentiment d'efficacité personnelle (SEP) vis-à-vis des tâches de lecture, il est important de clarifier ce concept. Les notions de « sentiment d'efficacité personnelle » (également appelé « sentiment de compétence » ou « sentiment d'auto-efficacité »), de « représentation de soi », d'« estime de soi » et de « confiance en soi » sont souvent utilisés de manière interchangeable dans la vie courante et dans des articles de vulgarisation. Pourtant, ils renvoient à des concepts différents (Doré, 2017 ; Famose & Bertsch, 2017).

#### **- La représentation de soi**

La représentation de soi concerne la manière dont une personne se décrit. Elle répond à la question « Qui suis-je ? ».

#### **- L'estime de soi / concept de soi**

Cela concerne une auto-évaluation globale de sa personne. Elle répond à la question « Qu'est-ce que je vaudrais ? ». Cette évaluation de soi peut aussi être spécifique à un domaine : par exemple, le concept de soi académique peut lui-même être subdivisé par discipline (concept de soi en lecture, concept de soi en mathématiques, etc.).

#### **- La confiance en soi**

La confiance en soi repose sur trois attributs : la valeur accordée à soi-même, l'attitude envers soi-même ainsi que le sentiment de compétence. Elle détermine l'estime de soi.

- Le sentiment d'efficacité personnelle (SEP)

Ce concept concerne la croyance d'une personne en sa capacité à exécuter les actions nécessaires pour produire un niveau donné de réalisations (Bandura, 2006). Comme les croyances envers les valeurs d'une tâche donnée (c'est-à-dire l'utilité de faire et de réussir) et les buts d'accomplissement de la tâche, le SEP vis-à-vis de la tâche détermine la motivation vis-à-vis de cette tâche. Le SEP a plus de pouvoir prédictif sur la réussite scolaire que le concept de soi (Lee & Jonson-Reid, 2016). Le SEP expliquerait les différences de performances entre des personnes ayant des niveaux d'habiletés identiques :

*« Bien que le problème du savoir interne puisse être attribué à des facteurs purement cognitifs tels que le niveau d'automatisation, la qualité de l'encodage ou des activités métacognitives insuffisantes, il est probable que des facteurs motivationnels et contextuels entrent également en jeu. Ainsi, si les modèles purement cognitifs sont utiles pour des situations purement expérimentales, ils sont moins pertinents pour des situations de classe, dans lesquelles les élèves ont une perception largement subjective des tâches et adoptent des buts et des objectifs divers dans leur travail de classe », (Berger et Büchel, 2012, p.98).*

Allant dans ce sens, le modèle d'engagement dans la lecture (Guthrie, Klauda, & Ho, 2013) explique que le SEP détermine l'engagement dans la tâche sur les plans cognitif (mobilisation de ressources), affectif (réactions affectives positives et négatives vis-à-vis des tâches) et comportemental (effort, persévérance, concentration et des efforts soutenus dans le temps). Le SEP est ancré dans des expériences de tâches antérieures similaires, le feed-back des adultes qui organisent et/ou accompagnent le travail (parents, enseignant.e, etc.), d'expériences vicariantes (observation de la réussite ou de l'échec des pairs) et dans l'association d'un état émotionnel à une performance. Le niveau du SEP évolue au fil d'expériences pour une tâche similaire. Les expériences de tâches antérieures similaires informent l'apprenant sur ce qu'il faut faire pour réussir. Les succès augmentent significativement le SEP, tandis que les échecs le diminuent. Plus un élève réussit dans une activité scolaire plus il va développer sa croyance à réussir des activités ultérieures similaires.

L'objectif des deux sections suivantes est de savoir si le SEP peut être considéré comme une ressource interne pour réaliser efficacement une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents. Le SEP est spécifique à une tâche. Or, rechercher des informations à partir d'un hypertexte consiste en une tâche de lecture et une tâche

d'utilisation du numérique. Ainsi, nous avons consulté les travaux traitant du SEP vis-à-vis de la lecture et du SEP vis-à-vis des usages du numérique.

▪ **L'effet du SEP vis-à-vis de la lecture**

Comme nous pouvons le voir sur la figure 5, dans le domaine de la lecture, les choix pédagogiques de l'enseignant.e, en tant que composantes du contexte de réalisation de la tâche, déterminent la motivation de l'élève à s'engager dans la tâche. Puis, la motivation détermine l'engagement, et l'engagement détermine à son tour l'effort cognitif fourni. Enfin, l'effort cognitif et la persévérance dans l'effort déterminent les performances. Ainsi, en lecture, le SEP vis-à-vis de la tâche est une composante de la motivation vis-à-vis de la tâche (Guthrie, Wigfield, & You, 2012 ; Guthrie et al. 2013 ; Guthrie & Wigfield, 2017).

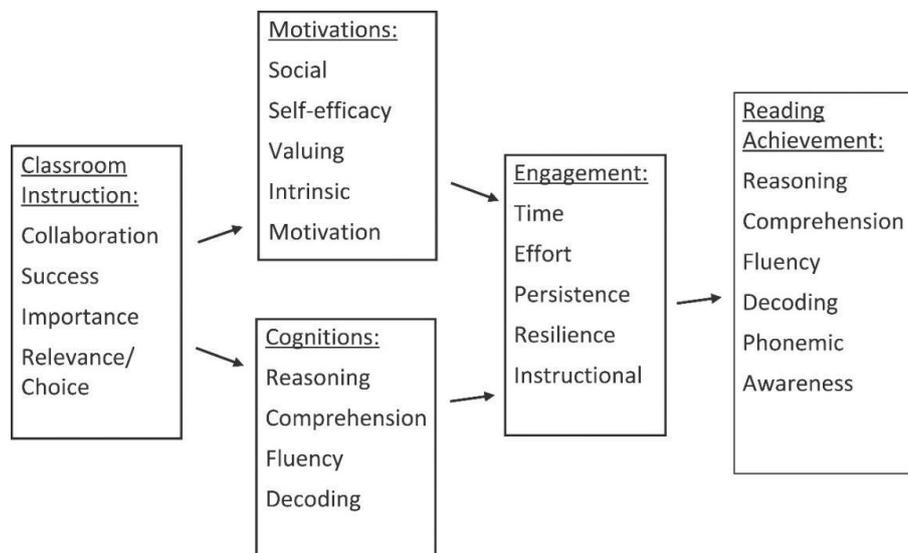


Figure 5 : Modèle de l'engagement dans la lecture, d'après Guthrie & Wigfield ( 2017)

Sur la base de ce modèle, Naumann (2015), en analysant les données de l'évaluation PISA 2009, a proposé une adaptation du modèle d'engagement dans l'apprentissage de la lecture, à un contexte numérique. Il l'a intitulé le « *Modèle d'engagement dans la lecture en ligne* » (notre traduction). D'après ce modèle, l'engagement d'une personne dans des activités personnelles de recherche d'information sur internet détermine sa capacité à s'adapter à l'exigence de la tâche. Dans cette étude, l'exigence de la tâche correspondait au nombre de nœuds pertinents pour répondre à la question (c'est-à-dire les nœuds qui contiennent les informations utiles pour répondre à la question et aux nœuds intermédiaires qui permettent

d'accéder aux nœuds qui contiennent les informations pertinentes). Le comportement durant les épisodes de navigation était mesuré par le nombre de visites et de revisites de nœuds pertinents, à partir de l'analyse des historiques de navigation. Conformément aux hypothèses des chercheurs, l'engagement dans la tâche de recherche d'information en ligne prédisait la qualité de la navigation, laquelle prédisait les performances. De plus, les analyses ont révélé une interaction positive significative entre l'exigence de la tâche et la relation entre l'engagement en recherche d'information et le comportement en navigation.

► En somme, selon les modèles de la lecture fonctionnelle, les caractéristiques du lecteur sont des déterminants importants du résultat de l'activité de lecture. Lorsque le lecteur s'engage dans l'activité de sa propre initiative, bien souvent, c'est pour atteindre un but qu'il a lui-même fixé et à partir de documents qu'il a lui-même sélectionnés. Si le but est flou et sans enjeu important, il arrive souvent que le lecteur abandonne son activité sans avoir atteint son but.

Le modèle MD-TRACE décrit des processus qui se déroulent dans un contexte scolaire. Le lecteur est un élève. Son potentiel de détermination est limité par l'enseignant.e qui décide, entre autres, de la tâche (c'est-à-dire des questions auxquelles l'élève doit répondre), des documents qui contiennent les informations utiles pour répondre à la question, de la durée de l'activité, etc. Il est également limité par le règlement de la classe et par les autres élèves. Néanmoins, les ressources internes de l'élève restent primordiales.

La Théorie de la charge cognitive va dans le même sens. Cette théorie explique qu'à la fois les ressources cognitives et les ressources motivationnelles de l'élève sont des variables importantes. Le modèle RESOLV souligne l'importance des ressources motivationnelles comme le SEP. En effet, de nombreux travaux de recherche ont montré que le SEP vis-à-vis d'une tâche est un déterminant important des performances à cette tâche. Comme une tâche de lecture numérique sous-tend une tâche de lecture et une tâche d'utilisation du numérique, l'effet du SEP vis-à-vis du numérique a été examiné : cette variable prédit un engagement effectif dans l'utilisation du numérique mais elle ne se traduit pas forcément par une efficacité dans l'usage du numérique pour réussir la tâche de lecture. Toutefois, si le SEP vis-à-vis du numérique est faible les élèves ne s'engageraient pas dans la tâche. En conséquence, ils ne réussiraient pas la tâche. En effet, pour réussir une tâche de

lecture, une condition nécessaire mais pas suffisante est que l'élève utilise le numérique qui sert à réaliser la tâche. Au regard des résultats sur les effets du SEP, d'une part, vis-à-vis de la lecture et, d'autre part, vis-à-vis du numérique, cette variable pourrait être considérée comme une ressource interne impliquée dans une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents. Pourtant, à notre connaissance, l'implication du SEP n'a pas été examinée dans le cadre du modèle MD-TRACE. Ceci étant, selon les principes de la lecture fonctionnelle et de la Théorie de la charge cognitive, des ressources externes sont également impliquées dans les processus cognitifs. La section suivante cible la documentation sur l'effet d'un aperçu de la structure physique et sémantique du contenu d'un hypertexte (en tant qu'indice de structure apporté par l'enseignant.e).

## **2. Effet d'une ressource externe : un aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte**

Selon le modèle MD-TRACE, les instructions pour réaliser la tâche, l'ensemble des documents, les outils de recherche d'information, les informations sur les sources, les organisateurs du contenu du document, les prises de notes personnelles, les pairs, les aides humaines (apportées par l'enseignant.e, par exemple) sont des ressources externes. Elles sont en interactions avec les ressources internes de l'élève, au cours des processus cognitifs. Dans le cas d'une tâche de recherche d'information, les instructions sont implicitement apportées par les questions auxquelles les élèves doivent répondre. Les effets des types de question sur l'activité et la charge cognitive de l'élève ont été vus dans le chapitre 2 (section 2.2, paragraphe [« La tâche »](#)).

Ici, nous ciblons l'état de l'art sur les caractéristiques d'organiseurs de contenu et leurs effets sur les processus cognitifs, le cas échéant, en interaction avec les ressources internes des élèves. Auparavant, même si cela dépasse le cadre de cette thèse, nous souhaitons souligner l'importance d'un enseignement explicite visant à développer chez les élèves des connaissances déclaratives et procédurales leur permettant de tirer profit de ces différentes ressources externes. Par exemple, parmi les informations contenues dans une question, il se trouve des indications sur la catégorie des informations à rechercher. Mais, ceci n'est pas évident à exploiter, pour un élève de fin d'école primaire (Ayroles, 2020).

Le concepteur d'un document (surtout si le document est destiné à des apprentissages, chez des enfants) veille à la mise en forme matérielle du document au moyen d'organiseurs structuraux. En l'occurrence, dans un hypertexte comme dans un document non linéaire imprimé (par exemple, une double-page d'un manuel scolaire ou une planche documentaire), le titre apporte des informations sur le thème dont traite le document et chaque titre de composant/nœud (sous-titre) apporte des informations sur le contenu du composant/nœud correspondant. Dans un hypertexte, les nœuds sont reliés par des liens électroniques/hyperliens. Ces hyperliens peuvent être implémentés dans les contenus linguistiques et/ou iconiques des nœuds ou dans une marge. Dans ce cas, à partir d'un nœud donné, les hyperliens apportent des informations sur le contenu des nœuds-enfants qu'ils permettent d'ouvrir respectivement et sur les possibilités de navigation limitées aux nœuds-enfants. Ils apportent, donc, localement, des indices de structure. A partir de ces organisateurs structuraux locaux, le lecteur n'a qu'une vue parcellaire de l'hypertexte. Il a des informations limitées sur le contexte du nœud affiché. Il n'a pas d'indication sur le volume de l'hypertexte et sur sa structure physique et sémantique. Dans ce cas, l'élève peut avoir des difficultés pour élaborer une représentation mentale de l'ensemble du contenu et pour anticiper son parcours de navigation. Il est limité pour se situer dans l'hypertexte, à partir de n'importe quel nœud. Il est également limité pour connaître le contenu de chaque nœud, pour savoir où se trouvent les informations utiles et pour savoir comment y accéder.

Pour atténuer ces difficultés, le concepteur du document peut implémenter, dans l'hypertexte, un aperçu du contenu : par exemple, un menu ou une carte conceptuelle. Dans la littérature scientifique, nous avons trouvé des études portant sur un grand nombre d'études. Divers aperçus ont été testés : des aperçus dynamiques ou statiques, présentés en position verticale ou horizontale, uniquement dans le premier nœud (page d'accueil) ou dans chaque nœud, affichés en permanence à l'écran ou placés dans un escamot, imposés ou mis à disposition, etc. De plus, les effets des aperçus ont été examinés avec des méthodes diverses. Au regard de cet ensemble hétéroclite, il est difficile de trouver un consensus. Nous avons donc décidé de focaliser notre attention sur un type d'aperçu : à savoir, les cartes graphiques car la littérature récente chez des enfants est plus riche pour ce type d'aperçu.

Ci-après, nous avons présenté les résultats de trois études dont deux concernaient des enfants de fin d'école primaire (c'est-à-dire la même tranche d'âge que le public-cible de cette thèse). La première étude a comparé les effets d'une carte graphique navigable par rapport à une carte graphique imprimée (donc, une carte statique). La seconde a comparé les effets d'une carte graphique navigable selon la topographie de l'hypertexte (linéaire VS hiérarchique). Enfin, la troisième a comparé les effets de la dynamique (statique VS

navigable) et du type d'aperçu (menu vertical VS carte graphique). Les deux premières concernaient des enfants. Les chercheurs ont examiné les effets des conditions d'aperçu selon les ressources internes des enfants. La troisième concernait des adultes.

- Etude 1 : Effets d'une carte navigable VS une carte imprimée (Salmerón & García, 2012)

L'objectif principal de cette étude était de comparer l'implication des ressources internes selon le support de présentation du document (papier VS numérique), chez des élèves de 6<sup>ème</sup>. Il s'agissait aussi de tester l'effet de la dynamique d'une carte graphique représentant la structure du document. En condition numérique, les constituants du document étaient assemblés à la manière d'un hypertexte, selon une structure physique hiérarchique. La carte graphique en version navigable se trouvait dans le premier nœud de l'hypertexte. Les élèves devaient obligatoirement naviguer via cette carte, parce qu'il n'y avait pas d'hyperlien intégré dans les nœuds de contenu. Le groupe-contrôle travaillait avec le même contenu documentaire en version imprimée : les contenus respectifs des nœuds avaient été imprimés sur des feuilles reliées à la manière d'un livret, selon une structure physique linéaire. La carte graphique avait été imprimée sur la première page du livret. Quel que soit le support, le document conservait une structure sémantique hiérarchique. La tâche consistait à rechercher des informations dans le document pour répondre à des questions de localisation (localiser et extraire une information explicitement notée dans un nœud) et à des questions d'intégration (localiser et mettre en relation des informations situées dans au moins deux nœuds). Avant de commencer l'expérience, les élèves connaissaient la tâche. Cependant, avant de recevoir les questions, ils devaient étudier la carte graphique et lire l'ensemble des pages/nœuds du document. Après avoir reçu les questions, les élèves étaient autorisés à revenir au document, pour rechercher les informations. Les résultats ont montré que les performances étaient meilleures, en condition numérique, pour les questions d'intégration. Il n'y avait pas de différence significative pour les questions de localisation. La navigation via la carte graphique navigable aurait favorisé une navigation cohésive propice à l'élaboration d'une représentation mentale du contenu de l'hypertexte et donc à la mise en relation et à l'intégration des informations. D'après les chercheurs, l'absence de différence pour les questions de localisation s'expliquerait par le fait que la carte navigable ne présentait aucun indice permettant de localiser les nœuds pertinents (il n'y avait aucune correspondance lexicale terme à terme entre la question et un hyperlien dans la carte). Toutefois, selon notre propre analyse, il y avait trop de facteurs différents entre les deux conditions, pour pouvoir tirer des conclusions sur les effets de la carte graphique navigable. Par ailleurs, en demandant aux élèves de lire intégralement le document avant de donner les questions, les

chercheurs ont pu induire, au départ, une stratégie de lecture-compréhension plutôt qu'une stratégie de recherche d'information. Une manière plus rigoureuse de tester l'effet d'une carte navigable serait que le groupe-contrôle travaille également en condition numérique, avec le même hypertexte mais sans carte. L'étude présentée ci-après tend vers de telles méthodes expérimentales.

- Etude 2 : Effets d'une carte navigable et de la structure physique d'un hypertexte (Fesel et al., 2018)

Cette étude a été citée et présentée précédemment à propos de la documentation sur les effets d'une ressource interne cognitive (les habiletés en reconnaissance automatique des mots) sur les performances en recherche d'information. Nous la présentons de nouveau, ici, dans l'objectif de documenter les effets d'une carte graphique navigable par rapport à une condition « sans carte ». Au cours de la présente étude, les chercheurs ont également manipulé la structure physique de l'hypertexte (linéaire VS hiérarchique) alors que la structure sémantique demeurait hiérarchique, dans toutes les conditions. La topographie « hiérarchique » comportait trois niveaux de profondeur. Le premier nœud de l'hypertexte, à la racine, était un nœud d'introduction. Il comportait trois hyperliens implémentés dans le texte. Ces trois hyperliens permettaient d'accéder à trois nœuds situés au niveau intermédiaire (2<sup>ème</sup> niveau). Enfin, ces trois nœuds comportaient chacun deux hyperliens permettant d'ouvrir respectivement deux nœuds subalternes situés au plus profond de la hiérarchie. En condition de structure « linéaire », les nœuds étaient reliés les uns à la suite des autres en respectant la structure sémantique hiérarchique (introduction, partie 1, sous-partie 1.1, sous-partie 1.2, partie 2, etc.). En condition « sans carte et structure linéaire », les élèves naviguaient via des hyperliens placés en bas de page (page précédente / page suivante). En condition « sans carte, structure hiérarchique », les élèves naviguaient via les hyperliens intégrés dans le texte. Ainsi, sans carte et particulièrement en condition « sans carte, structure linéaire », les élèves devaient parfois « feuilleter » plusieurs nœuds pour accéder à un nœud-cible. Par ailleurs, en condition « carte navigable, structure linéaire », les élèves devaient obligatoirement naviguer via la carte. Et, en condition « carte navigable, structure hiérarchique », les élèves pouvaient naviguer soit via les hyperliens intégrés dans les nœuds, soit via la carte navigable. A partir de la carte navigable, les élèves pouvaient accéder à n'importe quel nœud en un seul clic. Les mots-clés implémentés dans la carte navigable donnaient des indications sur le contenu de chaque nœud, par inférence sémantique. Selon un plan expérimental à mesures répétées, les élèves devaient rechercher des informations dans l'hypertexte, successivement dans les quatre conditions. A chaque fois, les questions ont été données en même temps que le matériel de lecture. Les

chercheurs n'ont pas demandé aux participants de lire préalablement l'intégralité de l'hypertexte. Autrement dit, il s'agissait d'une « pure » situation de recherche d'information.

Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas d'effet principal de la carte navigable sur les performances. En revanche, il y avait un effet principal positif des habiletés cognitives (connaissances initiales sur le thème dont traitait l'hypertexte, habiletés en lecture linéaire et connaissances lexicales), sur les performances. De plus, il y avait une interaction entre les connaissances initiales et les conditions de guidage. Plus précisément, l'utilisation de la carte navigable atténuait l'effet des connaissances initiales sur les performances : elle aidait uniquement les élèves ayant peu de connaissances initiales sur le contenu. Néanmoins, d'après les chercheurs, l'absence d'effet principal de la carte navigable pourrait être due à la petite taille de l'hypertexte. Il est important de noter que la méthode expérimentale retenue pour cette étude ne prévoyait pas de collecter des données de navigation. Ainsi, en condition « carte navigable et structure hiérarchique », il n'était pas certain que les enfants aient navigué via la carte navigable, puisqu'ils pouvaient naviguer via les hyperliens intégrés dans le texte.

► Pour interpréter les effets d'une carte, il paraît important de s'assurer préalablement que les élèves ont effectivement utilisé la carte en question. Pour ce faire, une solution serait soit d'imposer l'utilisation de la carte (comme pour l'étude 1), soit d'enregistrer les traces de navigation et/ou d'utiliser des techniques de suivi oculaire. Pour la conception de l'étude 3, les chercheurs ont choisi d'utiliser simultanément les deux dernières solutions.

#### - Etude 3 : Effets de la dynamique et des types d'aperçus (Urakami, 2019)

Dans cette étude, l'objectif était d'examiner les effets de deux types d'aperçus (carte hiérarchique VS menu linéaire) et de la dynamique de l'aperçu (statique VS navigable), sur le comportement, la charge cognitive et les performances de jeunes adultes, au cours d'une activité de recherche d'information. Les aperçus étaient affichés en permanence à gauche de l'écran (dans la marge). Pour chaque question, les étudiants devaient trouver le nœud-cible (c'est-à-dire le nœud qui contenait l'information utile pour répondre à la question). Ils travaillaient en temps limité. En plus des performances, les chercheurs ont enregistré des données d'oculométrie (suivi oculaire et mesure du diamètre pupillaire) et les traces de navigation. Les résultats ont montré que les variables indépendantes manipulées (types d'aperçus et dynamique) n'ont pas affecté le taux de bonnes réponses par rapport au

nombre d'items traités. En revanche, par rapport à la condition statique, la condition dynamique a favorisé une navigation plus efficace en termes de nombre de nœuds ouverts pour atteindre les nœuds-cibles et de temps pour traiter les items. Autrement dit avec un aperçu navigable, les étudiants ont traité plus de réponses et ont atteint les cibles avec moins d'étapes de navigation. L'analyse des traces de navigation a montré que la condition dynamique a permis d'accéder aux nœuds-cibles sans passer par les nœuds intermédiaires. En effet, comme en condition « aperçu navigable » les étudiants ont utilisé l'aperçu pour naviguer alors ils n'ont pas utilisé les liens intégrés (d'où l'évitement des nœuds intermédiaires). D'après les analyses des données qualitatives (suivi oculaire), en condition « statique », les étudiants ont moins utilisé les aperçus, par rapport à la condition « navigable ». Ils auraient utilisé les aperçus statiques pour se situer mais pas pour manager leur navigation. En condition navigable, avec une « carte hiérarchique », pour un temps et des performances similaires, le nombre d'étapes de navigation était moins important qu'avec un « menu linéaire ». La navigation était donc plus économe. Cependant, l'utilisation de la carte hiérarchique a occasionné des temps et des nombres de fixations plus grands qu'en condition « menu linéaire ». Ce résultat signait une charge cognitive plus importante.

Grâce à l'analyse de données comportementales, cette étude a montré que lorsqu'ils disposent à la fois d'un aperçu navigable et d'hyperliens intégrés dans le contenu, les étudiants préfèrent utiliser l'aperçu pour naviguer plutôt que les hyperliens. Toutefois, dans cette étude, avec une carte navigable, la charge cognitive (mesure objective) était plus élevée qu'avec un menu navigable. Pour cette raison, dans la conclusion de leur étude, les chercheurs ont recommandé d'implémenter un menu linéaire navigable plutôt qu'une carte hiérarchique navigable, pour soutenir une tâche de recherche d'information.

### **3. Conclusion du chapitre 3**

Au cours de la première section du chapitre 2, les principes et modèles descriptifs des processus cognitifs sous-jacents à une tâche de recherche d'information dans un ensemble de documents ont été présentés. Le modèle MD-TRACE décrit l'implication de ressources internes et de ressources externes. L'objectif du chapitre 3 était d'approfondir les connaissances sur l'implication des ressources internes (aspects cognitifs et aspects motivationnels) et de ressources externes (des aperçus de la structure du contenu d'un hypertexte). Plusieurs points saillants sont à retenir.

## ▪ A propos des effets des ressources internes permanentes

L'état de l'art indique que de nombreuses variables interpersonnelles ont été examinées mais essentiellement sur les aspects cognitifs. Il n'est pas évident de trouver un consensus. Certaines études ont testé les effets de composantes du modèle général de la lecture-compréhension comme la lecture automatique de mots et les connaissances initiales sur le thème dont traite l'hypertexte. D'autres études ont examiné globalement les effets des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire et, plus récemment, les habiletés en recherche d'information dans un document linéaire ou non linéaire imprimé. Les résultats sur l'implication des connaissances initiales sont contradictoires : certains montrent que les connaissances initiales prédisent les performances alors que d'autres montrent le contraire. Les habiletés en reconnaissance automatique des mots prédiraient les performances en recherche d'information, chez les jeunes apprenants (fin d'école primaire). Mais chez des élèves plus âgés, ces habiletés seraient automatisées : ainsi, dans ces tranches d'âge, il n'y aurait plus de différences inter-individuelles dues à la fluidité de la lecture. Les résultats sur les effets des habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire ne sont pas clairs non plus. Ces habiletés soutiendraient la navigation pour traiter une tâche de recherche d'information pour répondre à une question d'intégration mais pas pour répondre à une question de localisation : la navigation pour rechercher des informations factuelles serait peu exigeante et, à ce titre, elle ne mobiliserait pas les habiletés en lecture-compréhension. En revanche, ces habiletés soutiendraient le traitement des nœuds sélectionnés. Toutefois, ces résultats ont été partiellement remis en question. En effet, des « bons compreneurs » ne sont pas forcément de « bons chercheurs d'information ». Certains ne parviendraient pas à s'adapter aux stratégies propres à une tâche de recherche d'information. Ainsi, des études récentes s'attachent plutôt à examiner le potentiel prédictif des habiletés en lecture fonctionnelle, entre autres, à partir d'un document non linéaire imprimé (Llorens Tatay et al., 2011 ; Salmerón et al., 2018). Ensuite, il semble compliqué de tester les effets des ressources internes, globalement, sur la navigation ou sur les performances, car l'implication de ces ressources dépendrait de l'exigence cognitive de la tâche (autrement dit de la question). En effet, les chercheurs se rejoignent sur l'idée que si la question est simple alors les ressources internes ne seraient pas nécessairement mobilisées. Toutefois, le niveau de l'exigence cognitive d'une tâche n'est pas facile à appréhender car cela dépend, entre autres, des ressources internes d'un apprenant. De plus, une tâche de recherche d'information pourrait être simple au niveau de la navigation mais complexe au niveau du traitement du contenu. Enfin, il fait désormais consensus que le sentiment d'efficacité personnelle vis-à-vis de la lecture prédit l'engagement cognitif, affectif et comportemental de l'élève dans une activité de lecture et, in fine, ses performances. Ceci est particulièrement

important, dans le cadre d'analyse de la lecture fonctionnelle. Pourtant, d'après notre travail de documentation, l'effet de cette variable n'a guère été testé, chez des enfants, pour une activité de lecture fonctionnelle comme la recherche d'information dans un ensemble de documents.

#### ▪ **A propos des ressources externes**

Nous avons focalisé notre documentation sur les organisateurs de contenu d'un hypertexte. Les résultats des études antérieures tendent à soutenir l'idée qu'une carte navigable représentant la structure physique et sémantique d'un hypertexte soutiendrait une tâche de recherche d'information, chez des adultes. En revanche, une carte statique majorerait la charge cognitive car elle occasionne des pas de navigation (clics) supplémentaires, par rapport à une carte navigable. D'autres résultats ont montré qu'une carte navigable soutiendrait uniquement les élèves ayant peu de ressources internes. Toutefois, les effets d'une carte navigable selon les caractéristiques des élèves et selon les types de question sont peu documentés, chez des enfants de fin d'école primaire et jamais chez des enfants travaillant sur tablette. Cette dernière information est importante car certains chercheurs soutiennent qu'une carte implémentée dans un hypertexte pourrait occasionner des problèmes de lisibilité (non respect des règles d'ergonomie pour la présentation des documents lu sur un écran). Ainsi, plusieurs questions restent en suspens : est-ce que des enfants de fin d'école primaire utiliseraient une carte navigable mise à leur disposition mais non imposée ? Ce type de carte aiderait-il tous les élèves ou certains profils d'élèves ? Pour quels types de tâches de recherche d'information (autrement dit, pour quels types de question)? Pour quoi faire : naviguer et/ou traiter le contenu ?

En somme, à ce stade de notre documentation, nous connaissons les points saillants de l'état de l'art sur les processus cognitifs sous-jacents, ainsi que les ressources (internes et externes) impliquées dans ces processus, pour une tâche de recherche d'information dans un ensemble de documents hypertextués. Cependant, dans le cas de notre thèse, les hypertextes sont lus sur une tablette. Il est donc important de se documenter sur les aspects ergonomiques. En effet, les tablettes utilisées à l'école sont des appareils « grand public ». C'est-à-dire qu'elles ont été conçues pour un usage domestique personnel et non spécifiquement pour des enfants, et à des fins d'apprentissage. Cela justifie le besoin de poursuivre notre état de l'art du côté de l'ergonomie. L'objectif est de se documenter sur la compatibilité entre les propriétés de la tablette et les caractéristiques des enfants de fin d'école primaire. Cette approche est traitée dans le chapitre suivant (chapitre 4).

## **Chapitre 4 : L'acceptation des tablettes pour apprendre, chez des enfants**

D'après le modèle MD-TRACE, les performances à une tâche de recherche d'information sont le fruit d'interactions entre les ressources internes de l'élève et des ressources externes mises à sa disposition pour réaliser son activité de recherche d'information. Dans le contexte particulier de cette thèse, parmi les ressources externes, nous avons les questions auxquelles les élèves doivent répondre, l'hypertexte (avec le cas échéant, une carte de la structure du contenu) et la tablette qui sert à lire l'hypertexte. Il se pose donc la question de l'acceptation de la tablette en termes d'utilité et de facilité d'usage pour rechercher des informations dans un hypertexte, chez des enfants de fin d'école primaire. Cette question est importante. En effet, si les tablettes ne sont pas acceptées alors les élèves pourraient ne pas être motivés à les utiliser et, in fine, ils pourraient ne pas faire efficacement les apprentissages attendus en littératie numérique scolaire (du moins dans les écoles équipées exclusivement de tablettes).

Dans la première section de ce chapitre nous avons comparé le point de vue des scientifiques et celui des enfants quant à l'utilité et la facilité d'usage de la tablette pour réaliser une tâche de recherche d'information. Force a été de constater que les critères et les conclusions sont différents selon ces deux points de vue. Les scientifiques ont plutôt des critères objectifs : efficacité de la navigation, performances, attention, charge cognitive, etc. Par contre, les enfants ont plutôt des critères subjectifs comme l'utilité et la facilité d'usage perçues. Dans la seconde section, nous avons interrogé les modèles de l'acceptabilité et de l'acceptation d'un nouvel outil numérique selon deux objectifs. Le premier objectif était de comprendre ces différences. Le deuxième était de savoir quel crédit nous pouvions apporter au point de vue des enfants. Nous avons appris que l'utilité et la facilité d'usage perçues (c'est-à-dire les critères des enfants) vis-à-vis d'un nouvel outil numérique sont des déterminants importants de l'acceptation de l'outil en question. Ceci a motivé le besoin d'approfondir, dans une troisième section, notre documentation à propos des déterminants des perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales d'un nouvel outil : d'abord d'une manière générale à travers les modèles de l'acceptation, puis d'une manière plus spécifique, à propos des déterminants de l'utilité et de la facilité d'usage perçues de la tablette pour l'apprentissage.

# **1. Les tablettes sont-elles utiles et faciles à utiliser pour réaliser des apprentissages, en fin d'école primaire ?**

## **1.1. Les critères et conclusions des scientifiques quant à l'effet des tablettes sur les apprentissages**

Dans le chapitre 3, l'impact négatif de l'écran, par rapport au papier, sur les performances en lecture a été souligné (Delgado et al., 2018). Cependant, cette méta-analyse a examiné 42 publications portant sur les effets d'un écran d'ordinateur contre 14 publications portant sur les effets d'un écran de tablette. Donc, cette méta-analyse permet de conclure que la lecture sur papier est plus efficace que sur l'écran d'un ordinateur de bureau. Mais les données ne permettent pas d'étendre les résultats à l'écran d'une tablette. Par ailleurs, une étude récente (Ballenghein et al., 2020) menée auprès d'adultes a permis d'observer le comportement des lecteurs durant une activité de lecture fonctionnelle sur tablette. Le matériel de lecture était un document numérique long. Le contenu portait sur des connaissances en Géographie : comparaison de deux pays. Les lecteurs devaient lire le document à leur rythme pour acquérir le plus possible d'informations sur l'un des deux pays. La posture et le comportement des participants traduisaient un engagement cognitif plus important pour les sections du document pertinentes pour la tâche. En revanche, la lecture était superficielle pour les sections non pertinentes. D'après Ballenghein et ses collaborateurs, la posture et le comportement des lecteurs lors d'une activité de lecture fonctionnelle sur tablette seraient proches de la posture et du comportement sur papier. Ces résultats tendent à nuancer les conclusions de la méta-analyse précédemment citée. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec réserve car les chercheurs n'avaient pas prévu de groupe-contrôle (c'est-à-dire un groupe travaillant sur papier). Enfin, ces éléments de l'état de l'art concernent uniquement des étudiants ou des adultes. Il serait hasardeux de les étendre aux enfants.

Les études quant aux effets de la tablette sur les performances des enfants en lecture numérique sont plus rares. L'étude de Sheppard (2011) tend à montrer que la tablette, lors d'une tâche de lecture-compréhension, par rapport au support-papier, distrait les enfants. Dans cette étude, selon un plan expérimental à mesures répétées, des enfants de classe de 6<sup>ème</sup> ont lu un texte sur papier et un texte sur tablette. Sur tablette, ils pouvaient modifier les paramètres et ils pouvaient annoter le texte. Après chaque activité de lecture, les performances en lecture-compréhension ont été évaluées (répondre à des questions de mémoire). Les résultats ont montré que pour 2/3 des enfants, les performances étaient

moins bonnes sur tablette que sur papier (ou au mieux équivalentes). Ces données sur les performances ont été croisées aux données d'observation du comportement. Les élèves qui lisaient sur tablette ont eu tendance à s'amuser avec les fonctionnalités de la tablette plutôt que de travailler. Ceci serait plutôt dû à des habitudes de pratiques ludiques à la maison que les enfants « transposeraient » à l'école. En effet, les appareils numériques mobiles, comme la tablette, font partie de l'équipement numérique de nombreuses familles à la maison. Or, dans ce contexte, les enfants utilisent les tablettes essentiellement pour jouer (Karalar & Sidekli, 2017). Ainsi, à l'école, ils auraient plus de mal à maintenir leur attention sur la tâche lorsqu'ils travaillent sur tablette car ils seraient tentés de jouer avec des applications non utiles pour la tâche. Autrement dit, les jeunes élèves auraient du mal à tenir compte du contexte et à adapter leur comportement en fonction (Rouet et al., 2017). Mais Sheppard reste prudent dans ses interprétations car l'effectif total du groupe était faible (N = 41). Alors, pour contribuer à mieux comprendre les effets de la tablette chez les enfants, en situation d'apprentissage, Salmeron et ses collaborateurs (2021) ont testé l'hypothèse d'un impact négatif de la tablette sur la lecture-compréhension d'un texte documentaire à cause de son « effet distracteur ». Plus précisément, ils ont testé l'hypothèse que l'effet du support sur l'attention et les performances des élèves soit modéré par le niveau des ressources internes et la pression temporelle pour réaliser la tâche de lecture-compréhension. Le texte documentaire était un texte linéaire illustré. Il a été présenté sur papier ou sur tablette (format PDF). Sur tablette, l'ensemble du contenu était lisible sans avoir besoin de scroller. Selon un plan factoriel, les élèves ont été répartis en quatre groupes indépendants : « lecture sur papier, sans pression temporelle », « lecture sur papier, avec pression temporelle », « lecture sur tablette, sans pression temporelle » et « lecture sur tablette, avec pression temporelle ». Pour le test d'évaluation des habiletés initiales en lecture-compréhension comme pour le test d'évaluation des performances, les élèves ont dû répondre de mémoire à des questions, après avoir lu le document. Les résultats ont confirmé que, globalement, les performances en lecture étaient meilleures sur papier que sur tablette. Toutefois, chez les élèves ayant un haut niveau de maîtrise des habiletés en lecture, même sous pression temporelle, les performances étaient aussi bonnes sur papier que sur tablette. Autrement dit, les habiletés élevées de ces élèves auraient permis de compenser les difficultés liées à la lecture sur tablette. En revanche, cet effet modérateur n'existait pas chez des élèves ayant peu d'habiletés initiales en lecture-compréhension, en particulier, lorsqu'ils travaillaient sous pression temporelle. L'analyse descriptive des résultats sur l'attention a montré que les enfants ont eu tendance à avoir plus de difficultés à maintenir leur attention lorsqu'ils travaillaient sur tablette mais les tests d'inférence n'étaient pas significatifs. Toutefois, les chercheurs ont indiqué que l'absence de différences significatives pourrait être due à des écarts-types élevés.

► Pour tester l'utilité et la facilité d'usage de la tablette pour des apprentissages, les scientifiques comparent souvent l'efficacité du travail, sur tablette VS papier, pour une même tâche. L'efficacité est alors qualifiée avec des critères objectifs comme efficacité dans la navigation, les performances, l'attention des élèves, la charge cognitive, etc. De ce point de vue, la tablette aurait plutôt tendance à entraver les apprentissages en lecture-compréhension, chez des enfants de fin d'école primaire ayant peu de ressources internes. En conclusion, objectivement, la tablette ne serait pas utile et facile à utiliser, chez tous les élèves de fin d'école primaire, à des fins d'apprentissage.

Ceci étant posé, ensuite, nous avons étudié le point de vue des enfants.

## **1.2. Les critères et conclusions des enfants quant aux qualités instrumentales de la tablette pour l'apprentissage**

Lors d'une revue de la littérature, Mulet et ses collaborateurs (2019) ont ciblé les travaux sur les perceptions des enfants de l'école primaire et du collège vis-à-vis des tablettes pour apprendre. Les résultats de cette revue indiquent que, globalement, les enfants pensent que la tablette est utile et facile à utiliser en situation d'apprentissage. Cependant, l'analyse des items permet de nuancer ces perceptions. Les items positifs quant à l'utilité perçue sont plus nombreux que les items négatifs. Ils portent sur les aspects techniques (mobilité, alléger les cartables), hédoniques (rendre les cours plus agréables) et de productivité (optimisation des apprentissages, accès rapide aux informations). Les items positifs quant à la facilité d'usage perçue sont moins nombreux que les items négatifs. Ils portent également sur des aspects techniques (autonomie limitée de la batterie) et de productivité (pas d'amélioration des apprentissages, fatigabilité oculaire, gêne physique, source de distraction, etc.). Cependant, ils sont plus nuancés selon les activités réalisées avec la tablette. En l'occurrence, les enfants trouvent que la tablette est facile à utiliser pour lire, communiquer, mais plus difficile à utiliser pour écrire. Les résultats de l'étude d'Amadiou et ses collaborateurs (2016), chez des adultes, vont en ce sens. Les résultats ont montré que l'intention d'usage de la tablette dépendrait de la compatibilité de la tâche avec la tablette et de l'exigence de la tâche. Pour apporter des preuves en ce sens, les chercheurs ont utilisé le cadre d'analyse du modèle des composantes de l'Expérience-Utilisateur (Mahlke, 2008). Ils ont manipulé la compatibilité de la tâche avec la tablette (écriture VS lecture) et l'exigence de la tâche (facile VS difficile). De plus, ils ont construit des questionnaires centrés sur la tâche. Par exemple, pour mesurer

les perceptions d'utilité de la tablette pour lire un multimédia : « *Utiliser la tablette devrait élever mon niveau de compréhension du document multimédia.* » et pour mesurer la perception d'utilité de la tablette pour écrire : « *La tablette devrait élever la qualité de mes prises de notes des cours.* ». Dans le contexte de cette étude, les analyses ont révélé que les étudiants étaient prêts à réutiliser la tablette pour réaliser une tâche de lecture quel que soit le niveau d'exigence de la tâche. En revanche, ils étaient moins enclins à réaliser de nouveau une tâche d'écriture avec la tablette, surtout pour la tâche complexe (par exemple, une dictée).

► Les enfants évaluent l'utilité et la facilité d'usage de la tablette à travers des critères subjectifs. Ainsi, il est plus approprié de parler d'utilité et de facilité d'usage perçues de la tablette pour l'apprentissage. Globalement, des enfants pensent que la tablette est utile et facile à utiliser pour réaliser des activités de lecture. Ainsi, leurs perceptions sont plutôt décalées par rapport aux conclusions des scientifiques.

Néanmoins, les déterminants de ces perceptions ne sont pas clairs. Il nous a donc semblé nécessaire de savoir quel crédit nous pouvions accorder au point de vue des enfants, dans une perspective d'acceptation des tablettes pour l'apprentissage. De plus, il nous a semblé nécessaire de savoir quels sont les déterminants de ces perceptions. Pour cela, dans la section suivante, dans un premier temps, nous avons examiné les cadres conceptuels de l'acceptabilité et de l'acceptation. Puis, nous avons examiné spécifiquement les résultats d'études empiriques menées dans un contexte d'apprentissage scolaire, chez des enfants.

## **2. De l'utilité et de la facilité d'usage d'un point de vue objectif à l'utilité et à la facilité d'usage perçues**

### **2.1. L'évolution des modèles conceptuels de l'acceptabilité et de l'acceptation**

Lors d'une revue de la littérature, Alexandre et ses collaborateurs (2018) ont identifié cinq principales approches utilisées pour examiner les déterminants de l'acceptabilité et de l'acceptation : l'approche axée sur la psycho-ergonomie (c'est-à-dire centrée sur l'outil),

l'approche psycho-sociale, l'approche hédonique, l'approche axée sur la productivité et l'approche centrée sur l'Expérience-utilisateur. Les différences entre ces approches s'expliquent par des ancrages conceptuels et entrées disciplinaires différents. Elles s'expliquent aussi par l'ouverture de l'ergonomie à d'autres contextes que celui du travail : les loisirs, la vie domestique, les transports, etc. En effet, il a été nécessaire de faire évoluer les modèles pour prendre en compte des besoins des utilisateurs autres que ceux liés à l'exécution d'une tâche (Barcenilla & Bastien, 2010). Grâce à un travail d'analyse lexicale et conceptuelle, Alexandre et ses collaborateurs ont proposé une sorte « d'arbre généalogique » (cf. figure 6) qui permet de visualiser les origines des différentes approches et leurs « liens de parenté ».

Par ailleurs, une comparaison entre ces différentes approches a permis de mettre en évidence le fait qu'elles présentent des déterminants différents de l'acceptation ou utilisent des termes différents pour désigner un même déterminant. Un travail de catégorisation des termes a abouti à l'identification de quatre méta-critères : l'utilité, la facilité d'usage, l'esthétique et les différences sociales. Ces méta-critères sont plus ou moins prédominants selon les approches.

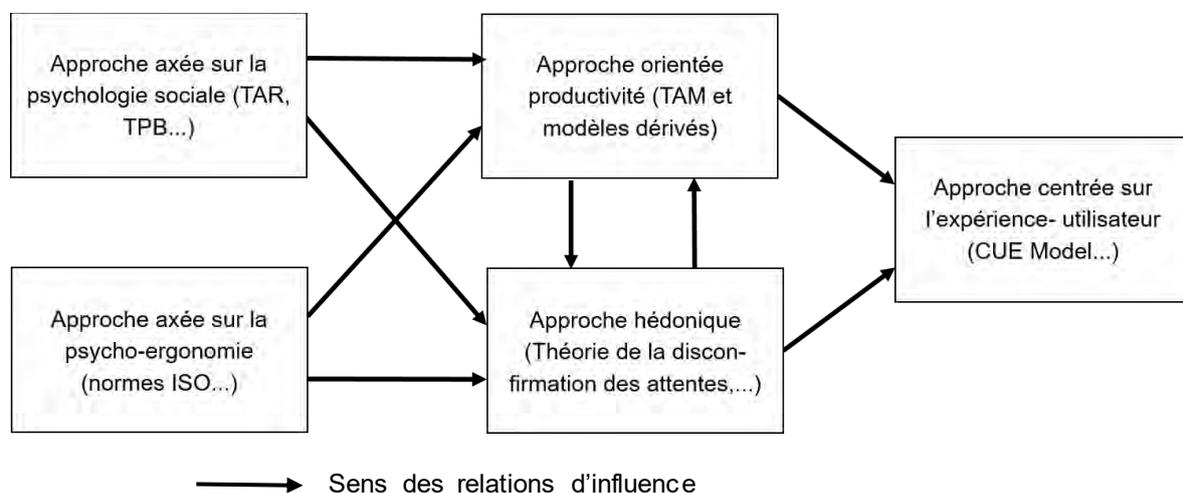


Figure 6 : Représentation simplifiée des liens d'influence entre les différentes approches des études en ergonomie. Inspirée de la figure d'Alexandre et al. (2018)

## **2.2. La place de l'utilité et de la facilité d'usage à travers les différents modèles conceptuels**

### **▪ L'approche psycho-ergonomique**

Selon cette approche, si un outil respecte certaines normes d'utilité (c'est-à-dire le degré de correspondance entre ce pourquoi l'outil a été conçu et ce qu'il permet effectivement de faire), d'utilisabilité (c'est-à-dire le degré d'adaptation de l'outil aux caractéristiques des utilisateurs) et d'acceptabilité (c'est-à-dire la perception de la valeur d'un outil), alors cet outil sera accepté. L'utilisabilité (ou facilité d'usage) est particulièrement prédominante, dans l'approche psycho-ergonomique. Cela concerne la maniabilité de l'outil, la facilité d'apprentissage et plus globalement la facilité d'usage (Alexandre et al., 2018). Elle est évaluée avec des critères objectifs comme la prévention des erreurs, les performances à une tâche, l'efficacité, le coût cognitif, l'attention, etc. Mais, cette approche peine à expliquer pourquoi des outils utiles et faciles à utiliser ne sont guère acceptés ou le contraire. En effet, pour rappel, ce sont ces critères que les scientifiques ont utilisés pour évaluer l'utilité et la facilité d'usage des tablettes pour l'apprentissage (cf. section 1.1., dans ce chapitre). Or, pour les tablettes, les résultats de l'évaluation du point de vue des scientifiques sont décalés par rapport aux résultats de l'évaluation du point de vue des enfants.

### **▪ L'approche sociale**

Avec l'approche sociale, l'acceptation d'un nouvel appareil est déterminée par l'attitude, des normes subjectives et des perceptions de contrôle. L'attitude désigne les prédispositions psychologiques d'une personne à agir. Les normes subjectives sont des perceptions de la pression sociale à se conformer à une norme donnée par des personnes influentes. Les perceptions de contrôle concernent les perceptions personnelles quant à sa propre capacité à réaliser un comportement / une tâche. Cela correspond au sentiment d'efficacité personnelle. Cette approche est décrite à travers la Théorie du comportement programmé (Ajzen, 1991). Cette dernière dérivant de la Théorie de l'action raisonnée (Ajzen & Fishbein, 1974). Dans ces modèles, les critères d'utilité et de facilité d'usage ne sont guère présents.

### **▪ L'approche orientée vers la productivité**

Un modèle phare de cette approche est le TAM pour Technology Acceptance Model (Davis, 1989). L'utilité perçue (UP) et la facilité d'usage perçue (FUP) sont les principaux déterminants de l'intention d'usage d'un outil. L'utilité perçue, c'est « *la croyance d'un*

*utilisateur qu'une nouvelle technologie lui permettra de réaliser un objectif avec plus d'efficacité, de performance »* (traduit à partir de Davis, 1989, p. 320). La facilité d'usage perçue, c'est « *l'intensité avec laquelle un individu croit que l'utilisation d'un système particulier se fera sans difficultés ni efforts supplémentaires* (traduit à partir de Davis, 1989, p.320). Ce modèle explique que la FUP influence directement et indirectement l'intention d'usage. En effet, un utilisateur croyant qu'un outil est facile à utiliser a tendance à croire qu'il est utile. Si le concepteur a prévu des aides à l'utilisation de l'outil numérique alors elles font partie intégrante de l'outil. Elles doivent donc, elles-mêmes, être perçues utiles et faciles à utiliser. Ce modèle a été testé dans de nombreux contextes de recherche. Il s'est révélé très stable. Cependant, il peine à expliquer les variables prédictives de l'UP et de la FUP.

En s'appuyant sur le TAM, Venkatesh et Davis (2000) ont questionné ces variables dans un contexte professionnel, dans le but de mieux concevoir l'accompagnement de l'utilisateur et d'anticiper l'acceptation puis l'appropriation de l'outil. Leurs travaux les ont conduits à proposer des évolutions du modèle initial : ce sont le TAM 2 et le TAM 3. Enfin, Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, (2003) ont proposé l'UTAUT, pour Théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie (notre traduction). C'est une synthèse de plusieurs modèles. Il est très utilisé parce qu'il explique 70% de l'intention d'usage. Bien que l'UTAUT intègre une dimension expérientielle, ce modèle ainsi que les modèles dont il dérive sont limités pour étudier les relations entre l'usage effectif d'un outil (les interactions avec l'outil) et l'intention d'usage. En revanche, l'approche centrée sur l'expérience-utilisateur (UX) permet cela.

### ▪ **L'approche centrée sur l'UX**

Selon Alexandre et ses collaborateurs précédemment cités, l'approche Expérience-Utilisateur / User Experience (UX), en anglais, dérive directement de l'approche hédonique et de l'approche axée sur la productivité. L'approche Expérience-Utilisateur s'intéresse à l'expérience réelle de l'utilisateur avec la technologie. Les principaux cadres théoriques sont le modèle de l'UX d'Hassenzahl (2001) et le modèle CEU pour Composantes de l'Expérience Utilisateur (Mahlke, 2008) / CUE, en anglais.

#### - Le modèle UX d'Hassenzahl

Selon ce modèle, les utilisateurs sont sensibles aux attributs pragmatiques et aux attributs hédoniques. Les attributs pragmatiques sont entre autres l'efficacité et l'efficacité pour atteindre les objectifs, la facilité d'apprentissage des fonctionnalités, la fiabilité sur le plan technique, les qualités instrumentales des dispositifs d'aide (efficaces et sans effort

supplémentaire, etc.). Les attributs hédoniques concernent le plaisir qu'apporte l'outil. Il peut être lié aux aspects motivationnels (stimulation, dépassement de soi avec l'outil), à la « bonne » image de soi et à l'évocation de souvenirs importants pour l'utilisateur. Les perceptions de qualités hédoniques et les perceptions de qualités instrumentales déterminent des émotions (plus ou moins agréables), la satisfaction et un comportement d'évitement ou de rapprochement vis-à-vis de l'outil. Dans ce modèle, la situation de l'expérience n'est pas claire. Elle semble se trouver au niveau de la manipulation de l'outil par rapport aux attributs pragmatiques. De plus, les liens entre les émotions, la satisfaction et le comportement ne sont pas clairs.

#### - Le CUE-model

Comme nous pouvons le voir sur la figure 7, ci-après, la phase de manipulation de l'outil, désignée par « Interactions Homme-Machine » (IHM), est centrale dans ce modèle. Trois métacritères prédominent : l'utilité perçue, la facilité d'usage perçue et l'esthétique. C'est l'approche la plus équilibrée. C'est une approche globale. Elle s'intéresse à la fois aux paramètres du contexte d'utilisation de l'outil, aux caractéristiques de l'utilisateur, aux propriétés de l'outil, aux interactions de l'utilisateur avec l'outil (IHM), aux composantes de l'UX, au jugement de l'utilisateur en termes de satisfaction et d'attrait et à son comportement, par exemple, en termes de « rapprochement » ou « d'évitement » vis-à-vis de l'outil en question, à la suite de son expérience-utilisateur. Les composantes de l'UX sont de trois types : les perceptions de qualités instrumentales (perceptions d'utilité et de facilité d'usage de l'outil), les perceptions de qualités non instrumentales (perceptions de qualités esthétiques, de valeurs de l'outil) et les réactions émotionnelles (sentiments, réactions physiologiques, etc.). Les propriétés de l'outil, les caractéristiques de l'utilisateur et les paramètres du contexte déterminent directement, de manière indépendante, deux des trois composantes : d'une part les perceptions de qualités instrumentales et d'autre part les perceptions de qualités non instrumentales. Ces perceptions instrumentales et non instrumentales médient les relations entre l'IHM et les réactions émotionnelles. Selon le modèle des composantes de l'UX, si les paramètres du contexte changent (par exemple, école VS maison), l'intention d'usage vis-à-vis d'un même outil, par un même utilisateur, peut être remise en question (Alexandre et al., 2018).

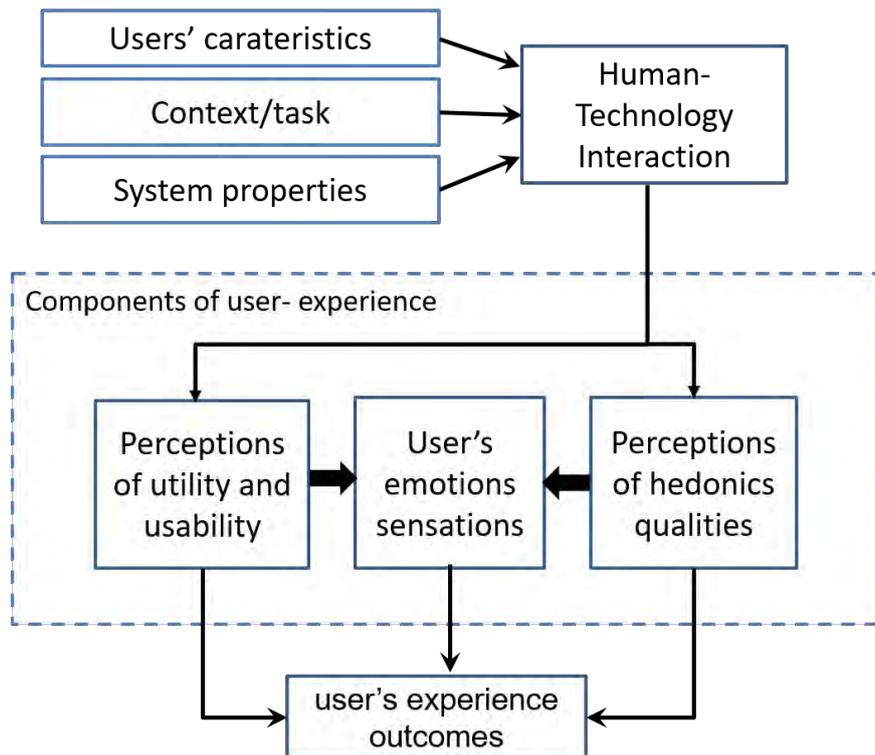


Figure 7 : Le modèle des composantes de l'Expérience-Utilisateur, Mahlke (2007)

► En somme, l'utilité et de la facilité d'usage, d'un point de vue purement objectif, peinent, à elles seules, à prédire l'acceptabilité et l'acceptation d'un nouvel outil. En revanche, les croyances vis-à-vis de l'utilité et de la facilité d'usage du nouvel outil occupent une place prépondérante dans les modèles de l'acceptabilité et de l'acceptation. Ceci pourrait expliquer les écarts entre les points de vue respectifs des scientifiques et des enfants vis-à-vis de la tablette pour l'apprentissage. De plus, les résultats de l'examen de l'utilité et de la facilité d'usage d'un outil avec une approche globale peuvent être contradictoires car les perceptions des utilisateurs dépendent souvent de la tâche réalisée avec l'outil en question. Une approche centrée utilisateur, pour une tâche particulière et un contexte particulier, est plus adaptée. Enfin, dans la perspective de donner des recommandations aux enseignant.e.s, pour assurer l'acceptation des tablettes à l'école pour réaliser des activités de recherche d'informations dans un hypertexte, il faut connaître les déterminants de l'UP et de la FUP vis-à-vis des tablettes. La dernière section de ce chapitre rend compte des résultats de notre documentation en la matière.

## **2.3. Les déterminants des perceptions de qualités instrumentales**

D'après le modèle des composantes de l'UX, les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis d'un nouvel outil sont déterminées par la qualité des interactions de l'élève avec cet outil. En amont, la qualité des interactions est déterminée par les caractéristiques personnelles de l'utilisateur, les propriétés du système et le contexte de l'activité avec l'outil en question. Ces informations sont toutefois très générales. Mais, comme ce modèle dérive des modèles TAM, nous avons consulté les modèles TAM2 et TAM3. Ces derniers détaillent les déterminants de l'UP et de la FUP. Le TAM 2 définit les déterminants de l'UP : ce sont l'influence sociale et les processus cognitifs instrumentaux. L'influence sociale regroupe les normes subjectives, les facteurs sociaux et l'attente de valorisation. Les processus cognitifs instrumentaux concernent la croyance de l'utilisateur quant à la qualité et à l'adéquation des résultats obtenus avec l'outil au regard des buts initiaux. Le TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008) s'intéresse aux déterminants de la FUP. Ces derniers sont ancrés dans trois types de variables motivationnelles et émotionnelles :

- La croyance de l'utilisateur en un contrôle interne estimé à travers le sentiment d'auto-efficacité en informatique / self efficacy et en un contrôle externe par les perceptions quant à des conditions facilitatrices / perceptions of external control ;
- Le niveau d'anxiété de l'utilisateur vis-à-vis de l'informatique / computer anxiety ;
- La croyance que l'apprentissage revêt un aspect ludique grâce à l'informatique / computer playfulness.

Finalement, dans les modèles TAM2 et TAM3, les déterminants de l'UP et de la FUP sont des variables présentes dans les approches sociales et de la psycho-ergonomie. Certains sont des caractéristiques de l'utilisateur, d'autres sont des propriétés du système (N.B. : le système employé ici au sens large pourrait désigner un outil d'apprentissage comme la tablette).

## **2.4. Les déterminants de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette**

La méta-analyse citée précédemment (Mulet et al., 2019) a permis de pointer plusieurs prédicteurs des perceptions des enfants vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette. En accord avec les modèles centrés sur la productivité, certains prédicteurs relèvent des propriétés de la tablette (dont ses fonctionnalités), certains relèvent des caractéristiques de la tâche et enfin, d'autres relèvent des caractéristiques de l'utilisateur (ses facteurs personnels). Cependant, les effets des facteurs personnels ne sont pas toujours stables.

L'âge est un prédicteur stable : les jeunes enfants ont plutôt des perceptions positives vis-à-vis qualités instrumentales de la tablette. Le SEP vis-à-vis de l'usage du numérique, des normes subjectives, des croyances vis-à-vis des valeurs de la tablette sont aussi déterminants. Mais l'effet de ces variables fluctue dans le temps. Puisque la tâche réalisée avec la tablette détermine les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette, les choix pédagogiques des enseignants sont déterminants. Les choix pédagogiques de l'enseignant.e semblent aussi interférer sur la relation entre le SEP et les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales d'un outil numérique. Les résultats de l'étude présentée dans la section suivante vont dans ce sens.

## **2.5. Relations entre le SEP vis-à-vis de la tâche de lecture et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis d'une carte de contenu**

Des chercheurs (Juarez Collazo et al., 2014) ont testé l'effet d'un apport de connaissances quant à l'utilisation d'une carte (outil de guidage) implémentée dans un environnement hypertextué, dans le contexte d'une tâche de lecture scolaire. L'apport de connaissances, avant de réaliser la tâche, consistait à expliquer à quoi sert et comment utiliser la carte. Les résultats ont montré que chez les élèves ayant reçu un apport de connaissances, le SEP initial vis-à-vis de la tâche de lecture soutenait les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la carte pour réussir la tâche (mesure a priori). Pour autant, les perceptions de qualités instrumentales ne prédisaient pas l'utilisation effective de la carte.

## **3. Conclusion du chapitre 4**

Les tablettes utilisées à l'école sont des produits « grand public ». Elles n'ont pas été conçues spécifiquement pour des enfants, ni pour l'apprentissage. Pourtant, les responsables du terrain de l'enseignement et de l'éducation, ainsi que les collectivités territoriales choisissent de plus en plus d'équiper les établissements scolaires en tablettes, dès la maternelle. Pour permettre le développement de la littératie numérique scolaire dans des écoles équipées de tablettes, il est nécessaire d'assurer une « bonne » compatibilité entre les caractéristiques des enfants et les propriétés des tablettes. Cependant, les tablettes sont déjà dans les classes, entre les mains des enfants, parfois en autonomie, alors que les avantages et les limites des tablettes pour les apprentissages ne sont pas clairs ; voire la

tendance serait plutôt à dire que les enfants ayant peu d'habilités en lecture sur papier ont plus de mal à travailler sur tablette que sur papier. Pourtant, les enfants ont plutôt tendance à penser que les tablettes sont utiles et faciles à utiliser pour l'apprentissage. Ils nuancent cependant leurs perceptions, selon les types de tâches : ils pensent que les tablettes sont plus utiles et faciles à utiliser pour la lecture et la recherche d'information que pour l'écriture. Ce décalage, entre l'avis des scientifiques (réservé pour des élèves ayant peu de ressources internes) et celui des enfants (favorable) quant à l'usage des tablettes pour réaliser des activités de lecture, nous a interpellés. Il pourrait s'expliquer par des approches différentes. En effet, pour une même tâche, les scientifiques utilisent des critères objectifs pour évaluer l'utilité et la facilité d'usage des tablettes : les performances, la charge cognitive, l'attention, etc. Par contre, les élèves expriment une utilité et une facilité d'usage perçues vis-à-vis des tablettes (critères subjectifs).

Les modèles centrés sur l'UX et les modèles à la base des modèles UX (modèles TAM et modèles des approches hédoniques) expliquent que l'UP et la FUP des utilisateurs vis-à-vis d'un outil sont déterminées par le contexte, les propriétés de l'outil et leurs propres caractéristiques. Autrement dit, les qualités instrumentales d'un appareil du point de vue des utilisateurs sont en partie déterminées par des facteurs extrinsèques à l'appareil dont des facteurs subjectifs. Notamment, les aspects motivationnels figurent dans les modèles de l'acceptabilité et de l'acceptation. Les choix pédagogiques de l'enseignant.e sont aussi déterminants : les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes sont meilleures pour une tâche de lecture que pour une tâche d'écriture. L'effet des choix didactiques et pédagogiques sur l'UP et la FUP pourrait être médiatisé par le SEP des élèves vis-à-vis de l'usage du numérique. Donner une tâche peu compatible, au vu des propriétés des tablettes et des caractéristiques des élèves, pourrait diminuer le SEP des élèves vis-à-vis de l'usage des tablettes pour réaliser cette tâche. En cascade, le SEP vis-à-vis de l'usage des tablettes pourrait impacter l'UP et la FUP vis-à-vis des tablettes.

Cependant, implémenter un outil de guidage censé soutenir la réalisation d'une tâche favoriserait l'UP et la FUP vis-à-vis des tablettes. Mais, également à ce niveau, les choix des enseignant.e.s semblent déterminants : les instructions quant à l'utilisation de l'outil de guidage ont un effet sur le SEP vis-à-vis de l'utilisation du numérique.

Enfin, chez les enfants, les déterminants de la FUP et de l'UP vis-à-vis des tablettes ne sont pas clairs. Et, à notre connaissance, le potentiel prédictif de ressources cognitives (comme les habiletés) sur les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette n'a pas été testé.

# SYNTHESE ET PROBLEMATIQUE

Le ministère de l'Éducation nationale et les collectivités territoriales visent à développer chez les enfants, dès le début de l'école primaire, des connaissances et compétences qui leur permettront de devenir progressivement des lecteurs stratégiques et autonomes dans leurs études et dans leurs activités quotidiennes. Il s'agit de développer chez les enfants la littératie numérique scolaire, en commençant très tôt. Pour aller dans ce sens, des apprentissages au et avec le numérique sont prévus dans tous les domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Pour réaliser ces apprentissages, les écoles primaires sont dotées d'équipements numériques mobiles et connectés : ce sont souvent des tablettes tactiles. Enfin, une formation et un accompagnement in situ des enseignant.e.s sont proposés, dans le cadre de la formation continue.

Dès l'école primaire, les élèves commencent les premiers apprentissages en lecture numérique. En fin d'école primaire, une activité classique consiste à rechercher des informations dans un hypertexte pour répondre à une question. Un hypertexte partage des caractéristiques communes avec un document composite et multiple imprimé. Ils sont tous les deux constitués d'un ensemble de documents : à ce titre, ils sont considérés comme des « dossiers documentaires ». Ils ont une structure physique non linéaire. Le contenu informationnel est fractionné et discontinu. La recherche d'information à partir d'un ensemble de documents, pour répondre à une question donnée, implique une activité de lecture fonctionnelle. Le lecteur, la tâche (c'est-à-dire la question à laquelle le lecteur doit répondre), le matériel de lecture et le contexte interagissent (Snow, 2002). Sauf dans des cas particuliers, « un bon chercheur d'information » ne lit pas l'ensemble du dossier. En fonction de la question, des paramètres du contexte, de ses ressources internes, des ressources externes disponibles (contenu, indices de structure du contenu, etc.), l'élève élabore un modèle de tâche. Selon ce modèle, il décide de répondre à partir de ses propres connaissances ou de poursuivre l'activité de recherche d'information. Dans le second cas, lorsque le dossier documentaire se présente sous la forme d'un hypertexte, une stratégie efficace consiste à s'appuyer sur les indices de structure de l'hypertexte, pour localiser les nœuds qui contiennent les informations utiles pour répondre à la question, tout en évitant les nœuds inutiles.

En fin d'école primaire, les élèves doivent traiter, entre autres, des questions de localisation d'une information explicite, des questions d'inférence locale et des questions d'intégration d'informations situées dans des parties différentes. Les questions les plus simples consistent à sélectionner et à traiter un nœud qui contient l'information pertinente, écrite explicitement

dans le contenu, surtout, si cette information est localisable immédiatement, en procédant par correspondance lexicale terme à terme entre la question et un indice de structure de l'hypertexte. Mais, la plupart des questions sont plus complexes du fait des processus cognitifs sous-jacents : c'est le cas, par exemple, pour les questions sans correspondance lexicale avec le contenu des noeuds et pour les questions d'intégration. Par ailleurs, il fait consensus que la non linéarité et le fractionnement de l'information dans un hypertexte sont des sources de charge cognitive extrinsèque. En effet, pour un jeune apprenant, par rapport au support-papier, des risques de désorientation et d'effort mental sont accrus, avec un hypertexte. Ceci pourrait expliquer qu'en « *lecture sur support numérique en fin d'école primaire : un peu plus d'un élève sur deux est capable d'accéder à l'information et de la traiter* », (Ben Ali et al., Note d'information à propos des habiletés, en lecture numérique, des élèves de fin d'école primaire, en France, 2015, titre de la note). Ainsi, le jury de la Conférence de consensus de 2015, à propos de la lecture numérique, a recommandé de soutenir les élèves de l'école primaire lorsqu'ils utilisent un document multimédia (notamment, lorsqu'il est hypertextué). Toutefois, d'après la Théorie de la charge cognitive (Choi et al., 2014 ; Paas & van Merriënboer, 2020 ; Sweller et al., 2019), l'exigence cognitive d'une activité d'apprentissage dépend de plusieurs facteurs : la tâche, le matériel donné pour réaliser la tâche et les ressources internes de l'apprenant. Ainsi, la complexité de la tâche est le produit du type de question et des caractéristiques de l'hypertexte, certes, mais aussi des profils d'élève.

Le potentiel prédicteur de ressources internes dites permanentes (c'est-à-dire les connaissances et habiletés) a donc fait l'objet de nombreuses recherches. Notamment, comme la recherche d'information dans un ensemble de documents est avant tout une activité de lecture-compréhension, les effets de diverses variables des quatre principales composantes de base de la lecture-compréhension ont été examinés (par exemple, les connaissances lexicales, la reconnaissance automatique des mots, l'attention, la capacité de la mémoire de travail, etc.) ou encore, globalement, les habiletés en lecture-compréhension. Chez des collégiens et lycéens, les habiletés en recherche d'information à partir de documents linéaires ou non linéaires imprimés prédisent les performances en recherche d'information à partir d'un hypertexte. Cependant, l'implication des habiletés dépend de l'âge des élèves et des types de question. Nous pouvons donc nous demander si ces habiletés sont disponibles chez des enfants de fin d'école primaire ? Dans l'affirmative, nous pouvons nous demander si les enfants parviendraient à les transférer, lorsqu'ils travaillent à partir d'un hypertexte ? Et, pour quels types de question ? Par ailleurs, l'état de l'art indique que des ressources motivationnelles sont également impliquées dans une activité de lecture.

Toutefois, à notre connaissance, les aspects motivationnels n'ont guère été étudiés, à propos de la recherche d'information dans un hypertexte.

En somme, les connaissances théoriques sont très lacunaires, sur l'implication des ressources internes chez des enfants pour réaliser une activité de recherche d'information. Ensuite, concernant la recommandation de soutenir des élèves de fin d'école primaire lorsqu'ils recherchent des informations dans un hypertexte (cf. supra) : une solution serait de donner aux élèves un aperçu graphique navigable du contenu de l'hypertexte (comme une carte navigable). Cependant, un tel outil de guidage n'a guère été testé chez des enfants. Et, à notre connaissance, jamais pour une activité de recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette. Or, à cause de la petite taille de l'écran d'une tablette courante (environ les dimensions du format A5), il n'est pas possible d'afficher simultanément à l'écran, la carte et le contenu d'un nœud : sauf prendre le risque d'occasionner des problèmes de lisibilité. Il est donc nécessaire d'implémenter la carte dans un escamot.

Dans ces conditions, il n'est pas certain que des enfants utilisent spontanément la carte navigable. Il n'est pas certain non plus que la carte navigable soutienne les processus cognitifs pour rechercher des informations. Si la carte est effectivement utilisée par les élèves, favoriserait-elle pour autant la navigation et/ou les performances ? Si oui, pour répondre à quels types de question ? Et enfin, pour quels profils d'élève ?

En ce qui concerne les perceptions d'utilité et de facilité d'usage d'une carte navigable lorsqu'elle est implémentée dans un hypertexte lu sur une tablette, il se pose la question de la compatibilité entre les propriétés de la tablette et les caractéristiques des élèves. En effet, une synthèse de l'état de l'art montre que les tablettes tendent à complexifier l'activité de lecture, surtout chez les élèves ayant peu d'habiletés en lecture sur papier. Or, les perceptions des enfants vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette pour réaliser une tâche de lecture sont plutôt bonnes. Il semblerait, donc, que leurs perceptions ne soient pas ancrées dans des critères objectifs.

Pourtant, pour permettre le développement de la littératie numérique scolaire chez les élèves qui travaillent dans des écoles équipées de tablettes tactiles, il faut assurer simultanément les performances aux tâches exécutées avec les tablettes et l'acceptation des tablettes pour réaliser ces tâches. Si les enfants adoptent les tablettes mais n'ont pas de bonnes performances, cela peut poser des obstacles à l'atteinte des objectifs de développement de la littératie numérique scolaire. Mais, si les élèves mettent en place des conduites d'évitement vis-à-vis des tablettes pour réaliser des tâches d'apprentissage, alors cela peut aussi poser des obstacles à l'atteinte des objectifs d'apprentissage (puisque, sans utiliser les tablettes, les apprentissages numériques ne sont pas réalisables). Or, d'après le modèle

MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011), l'efficacité des stratégies de recherche d'information et in fine les performances sont déterminées par les ressources internes et les ressources externes. Désignées sous des appellations différentes (caractéristiques de l'utilisateur au lieu de ressources internes et caractéristiques du système au lieu de ressources externes), dans le modèle des composantes de l'UX (Mahlke, 2008), ces variables indépendantes déterminent, via les Interactions Homme-Machine, les perceptions vis-à-vis de la tablette. En l'occurrence, lorsqu'il s'agit de rechercher des informations dans un hypertexte, l'Interaction Homme-Machine consiste essentiellement à naviguer dans l'hypertexte pour rechercher les informations utiles pour répondre à la question.

Ainsi, notre hypothèse générale est que des ressources internes cognitives et motivationnelles devraient prédire l'efficacité de la recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette (qualité de la navigation, difficultés perçues, performances) et que ces mêmes variables devraient prédire également l'acceptation des tablettes pour réaliser une tâche de recherche d'information (des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette). Nos quatre principales hypothèses en condition numérique sont modélisées dans la figure 8.

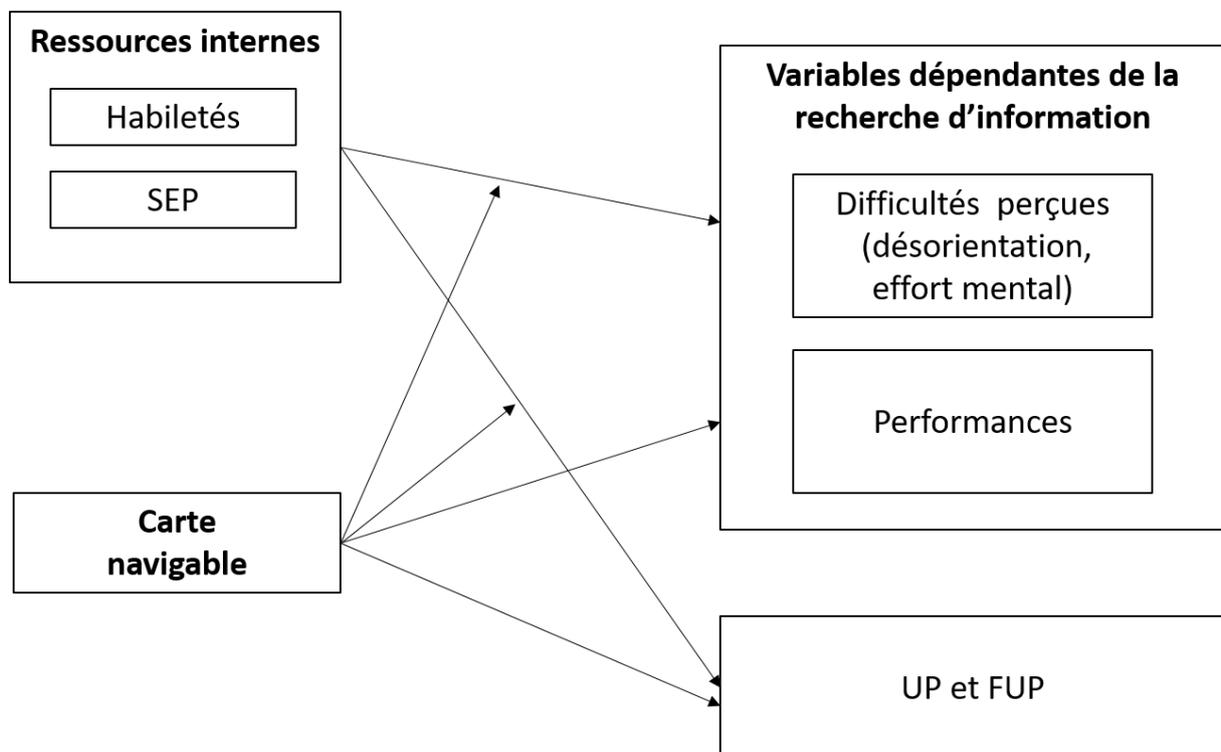


Figure 8 : Schéma des principales hypothèses de la thèse, en condition numérique

Premièrement, les ressources internes (habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire) devraient soutenir la recherche d'information sur papier et sur tablette : autrement dit, les élèves devraient transférer leurs ressources internes de la condition de support « papier » à la condition de support « numérique/tablette ».

Deuxièmement, sur tablette, sans carte navigable, les difficultés seraient plus fortes et les performances plus faibles que sur papier.

Troisièmement, sur tablette, les élèves devraient utiliser la carte navigable mise à leur disposition, spontanément et régulièrement, pour naviguer mais pas la carte statique. Les ressources internes et la carte navigable devraient soutenir la recherche d'information et l'acceptation des tablettes pour rechercher des informations. La carte navigable devrait aussi atténuer les effets des ressources internes sur ces variables dépendantes. Autrement dit, une carte navigable soutiendrait, en particulier, les élèves ayant peu de ressources internes initiales.

Enfin, quatrièmement, les effets positifs d'une carte navigable sur la recherche d'information devraient dépendre des types de question. Plus précisément, la carte navigable soutiendrait la recherche d'information uniquement pour répondre à une question où il existe une correspondance lexicale entre les mots-clefs de la question et les hyperliens dans la carte. En somme, compte tenu de la diversité des types de question que les élèves traitent lors d'une tâche de recherche d'information, la carte devrait avoir une plus-value assez limitée.

Au regard de ces hypothèses, quatre expérimentations ont été menées. Les objectifs spécifiques de chacune sont détaillés dans la troisième partie de ce manuscrit. Comme l'un de nos objectifs était de proposer des recommandations pour le terrain, il était important d'assurer une certaine validité écologique aux études. Pour cela, l'ensemble des expérimentations ont été conduites en situation réelle de classe et l'avis des enseignant.e.s a été sollicité, notamment pour la conception des matériels de la recherche (questionnaires, textes documentaires). L'avis des enseignant.e.s a également été sollicité pour l'exclusion des données de certains participants (élèves à besoins éducatifs particuliers, notamment) ou pour l'évaluation des réponses les élèves lors des mesures initiales (habiletés en recherche d'information, connaissances initiales) et des performances aux activités de recherche d'information (en tant que variable dépendante). En l'occurrence, la contribution des enseignant.e.s a été cruciale, pour le déchiffrement de l'écriture et la compréhension de certaines formulations des réponses de certains élèves.

## **PARTIE 3 : EXPERIMENTATIONS**

# Chapitre 5 : Effets de ressources internes et d'une carte navigable (étude 1)

## 1. Objectifs

La recherche d'information est une activité de lecture fonctionnelle orientée par la tâche (c'est-à-dire la question à laquelle l'élève doit répondre). L'état de l'art indique que la recherche d'information dans un hypertexte est une activité complexe, à cause de la structure non linéaire du document et de la fragmentation de l'information. Le fait de ne pouvoir afficher, qu'un seul nœud, à l'écran, à un moment donné, ajoute de la complexité à la tâche. En effet, ainsi, il n'est pas évident de parvenir à localiser l'information utile pour répondre à la question et d'y accéder (voir par exemple, Amadiou et al., 2017 ; Caro Dambreville & Betrancourt, 2015 ; Caro, 2017 ; DeStefano & LeFevre, 2007). L'élève doit souvent naviguer pas à pas sans pouvoir planifier l'ensemble de son parcours. Il doit aussi souvent passer par des nœuds intermédiaires et revenir en arrière. Il finit par ne plus savoir où il est, ni où il veut aller, ni comment y aller (Bétrancourt & Dambreville, 2006). L'élève peut aussi se laisser distraire par des informations inutiles. C'est souvent le cas avec des informations visuelles. En somme, les risques de désorientation et de partage d'attention sont importants. Pour ces raisons, entre autres, il arrive que l'élève navigue dans l'hypertexte alors qu'il a oublié le but de la navigation. Tout ceci peut se traduire par des perceptions de difficultés élevées (effort mental et désorientation) et des performances faibles. Au-delà des difficultés ressenties et potentiellement de faibles performances, les perceptions de l'élève quant aux qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations pourraient être impactées. Ceci pourrait perturber directement et indirectement le développement de la littératie numérique scolaire : directement pour cause de performances faibles et indirectement parce que l'élève pourrait développer un comportement d'évitement vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations dans un hypertexte. Certes, il est peu probable qu'un élève refuse d'utiliser la tablette, pour des raisons liées au contexte de la classe (normes subjectives, ne pas décevoir l'enseignant.e, par exemple) mais il pourrait ne pas engager l'effort et l'attention nécessaires pour réussir la tâche. En effet, avec une tablette « tout public », il est tentant pour des élèves peu motivés à s'engager dans une tâche, de se laisser distraire par des applications qui n'ont rien à voir avec la tâche. Ces difficultés et conséquences désagréables seraient d'autant plus fortes que les élèves ont peu de ressources internes pour faire face à la complexité de la tâche.

Cependant, une carte navigable représentant la structure physique et sémantique de l'hypertexte pourrait soutenir une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Toutefois, sur ce point, il convient d'être également prudent car les effets d'une carte navigable, chez des enfants, ne sont pas clairs : notamment, pour rechercher des informations dans un hypertexte lu sur une tablette. Du fait de la petite taille de l'écran de la tablette, pour respecter les règles de lisibilité d'un contenu affiché (Caro Dambreville & Betrancourt, 2015), il est préférable de ne pas juxtaposer une carte navigable et le contenu informationnel dans un même nœud. Donc, pour toutes les expérimentations de cette thèse sur support numérique, nous avons implémenté la carte dans un escamot. Dans ces conditions de design, les élèves utiliseraient-ils la carte navigable ? Dans l'affirmative, quand, avec quelle fréquence ? Enfin, dans l'hypothèse où les enfants utiliseraient la carte navigable tout au long de leur parcours, est-ce que cet outil soutiendrait effectivement la recherche d'information ? L'implémentation d'une carte navigable dans un escamot ne risquerait-elle pas d'occasionner une charge cognitive liée à un partage d'attention entre la lecture de la carte navigable et la lecture du contenu du.nœud.s ? L'utilisation de la carte navigable ne risquerait-elle pas d'occasionner une activité de lecture accrue, laquelle, in fine, nuirait à la balance bénéfice-coût, voire à l'efficacité du travail ? Enfin, quel serait l'impact de la carte navigable sur l'acceptation de la tablette ?

Pour tester les effets d'une carte navigable sur l'efficacité de la recherche d'information et sur l'acceptation, nous avons mobilisé à la fois le modèle MD-TRACE, le modèle CUE (Mahlke, 2008) et la Théorie de la charge cognitive (Sweller, 1994 ; Sweller et al., 2019). Le modèle MD-TRACE décrit les processus cognitifs sous-jacents lorsque le matériel de lecture est un ensemble de documents (c'est-à-dire un « dossier documentaire »). Ce modèle a l'intérêt de fonctionner avec différents supports et formats : en l'occurrence, il convient pour un hypertexte. Sauf cas particuliers, d'après ce modèle, pour trouver les nœuds-cibles, l'élève ne lit pas l'ensemble du « dossier documentaire ». De plus, le modèle MD-TRACE indique que pour réaliser son activité, l'élève mobilise des ressources internes et des ressources externes. Les ressources externes sont, entre autres, le contenu du document lui-même, les indices de structure du contenu du document et les questions. Pour rechercher des informations dans un hypertexte, une stratégie efficace consiste à utiliser les indices de structure du contenu pour repérer les nœuds-cibles (c'est-à-dire ceux qui contiennent des informations utiles pour répondre à la question) et à ignorer les nœuds non-cibles. A côté des ressources externes, le modèle MD-TRACE met l'accent sur l'implication de ressources internes permanentes cognitives comme des connaissances initiales sur le thème dont traite l'hypertexte, des habiletés en lecture-compréhension de base et plus spécifiquement en recherche d'information, et des habiletés métacognitives. D'après notre documentation,

diverses habiletés en lecture ou composantes de ces habiletés ont été examinées. Les habiletés en lecture-compréhension d'un texte linéaire (au sens du modèle de Construction-Intégration) semblent prédire partiellement la navigation et les performances. Des habiletés en recherche d'information dans un document linéaire ou non linéaire imprimé ont également été examinées : indépendamment des questions, globalement, ces habiletés ont favorisé la navigation et les performances. Cependant, il convient d'être prudent car ces résultats ont été constatés chez des collégiens et des lycéens. Il n'est pas évident que chez des enfants, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé prédisent la recherche d'information dans un hypertexte. Par ailleurs, l'état de l'art souligne l'importance des aspects motivationnels, dans le cas d'une tâche complexe. Pourtant, à notre connaissance, l'implication de ressources motivationnelles n'a pas été étudiée chez des enfants, pour une tâche de recherche d'information dans un hypertexte.

► En somme, le premier objectif de cette première étude est de tester le potentiel prédictif de ressources internes cognitives (habiletés en recherche d'information et connaissances initiales), de ressources motivationnelles (SEP vis-à-vis de la lecture documentaire) et d'une carte navigable (en tant que ressource externe), sur la navigation, les difficultés perçues et les performances en recherche d'information. Le deuxième objectif est de tester les effets des mêmes variables sur acceptation des tablettes, pour une tâche de recherche d'information. Le troisième objectif est de tester des interactions entre les ressources internes et la carte navigable.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons conçu un plan expérimental pour deux groupes indépendants. Les deux groupes ont travaillé avec un même hypertexte : un groupe travaillant sans carte et l'autre groupe travaillant avec une carte navigable. La carte navigable montre un aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte (nombre de nœuds, relations physiques et sémantiques entre les nœuds). Les mots-clefs intégrés dans la carte apportent des indications sur le contenu de chaque nœud (moyennant une inférence à partir des mots-clefs). Chaque mot-clef de la carte navigable est hyperlié au nœud correspondant. Pour aider les élèves à se situer dans l'hypertexte, la carte navigable est, en plus, équipée d'un point rouge qui tient lieu de repère du type « Vous êtes ici », comme il s'en trouve sur le plan d'une ville. A partir de la carte navigable, en un seul clic, il est possible d'accéder à n'importe quel autre nœud sans passer par des nœuds intermédiaires. En naviguant via la carte, il n'est pas obligatoire d'utiliser les boutons-retours pour revenir en arrière dans la structure hiérarchique de l'hypertexte.

## 2. Hypothèses

### ▪ **Hypothèse 1 : Utilisation de la carte navigable**

Avec un public similaire à celui de cette thèse, à notre connaissance, aucune difficulté n'a été signalée quant à l'utilisation d'une carte navigable sur un écran d'ordinateur (Fesel et al., 2018 ; Salmerón & García, 2012). Moyennant une phase de familiarisation avec la carte navigable, chez les élèves du groupe « carte navigable », le bénéfice-coût devrait pencher en faveur de l'utilisation spontanée et systématique de la carte, pour naviguer dans l'hypertexte. Auquel cas, tous les élèves devraient toujours utiliser la carte pour naviguer, dès le début de leurs parcours respectifs (c'est-à-dire à partir du nœud « introduction »). Alors cela devrait probablement se traduire par un taux d'utilisation de la carte navigable quasi maximal (soit égal ou quasiment égal à 1) : c'est-à-dire des ouvertures de nœuds contenant la carte navigable qui alternent systématiquement avec des ouvertures de nœuds de contenu (H1).

### ▪ **Hypothèse 2 : Effets des ressources internes sur la navigation, les difficultés perçues et les performances**

Sur les aspects cognitifs, chez des collégiens et des lycéens, globalement, les habiletés en recherche d'information sur papier déterminent l'efficacité de la navigation et les performances en recherche d'information dans un hypertexte (Naumann & Salmerón, 2016 ; Salmerón et al., 2018). Sous réserve de posséder les connaissances méta-textuelles pré-requises, les élèves de fin d'école primaire sont capables de mettre en œuvre des stratégies de recherche d'information efficaces dans un document non linéaire imprimé, en s'aidant des sous-titres (Potocki et al., 2017). Ainsi, moyennant un contenu adapté à l'âge des élèves de manière à ce qu'il n'y ait pas d'obstacle lié à la lecture-compréhension de base du contenu de chaque nœud dont la reconnaissance automatique des mots et le vocabulaire (Fesel et al., 2018), les habiletés des élèves en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé devraient soutenir une navigation efficace (H2a). Du fait de la structure non linéaire d'un hypertexte, la navigation orientée vers un objectif est une activité complexe. Si l'élève ne parvient pas à la gérer efficacement alors les risques de désorientation et d'effort mental peuvent d'être importants. Cependant, comme les habiletés en recherche d'information sont censées soutenir la navigation alors les mêmes habiletés devraient réduire les difficultés perçues (sentiment de désorientation et effort mental) (H2b). In fine, ces mêmes habiletés devraient favoriser les performances (H2c).

Le même schéma d'hypothèses est formulé pour le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire (H2d). En effet, d'après le modèle général de l'engagement dans la lecture (Guthrie et al., 2012) et les derniers modèles de la Théorie de la charge cognitive précédemment cités, plus les élèves se sentent capables de réaliser et réussir une tâche, plus ils mobilisent des ressources, persévèrent et sont attentifs dans leur travail. Ce comportement favorise une navigation efficace et des performances élevées.

Concernant l'effet des connaissances initiales sur le thème dont traite le document, l'état de l'art est controversé. Certains travaux ont montré que cette sorte de ressources internes prédit les performances en recherche d'information chez des enfants (Fesel et al., 2018). En revanche, Ozuru et ses collaborateurs (2007) ont montré que les connaissances initiales sont déterminantes pour répondre à des questions de mémoire mais pas pour répondre à des questions à partir d'un texte (c'est-à-dire la recherche d'information). Sachant que notre étude est intégrée dans une séquence d'apprentissage en Sciences dont le but est justement d'acquérir des connaissances sur la consommation d'électricité domestique, les enfants ne devraient guère posséder de connaissances initiales (H2e).

- **Hypothèse 3 : Effets de la carte navigable sur la navigation, les difficultés perçues, les performances et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations**

Une carte navigable montre un aperçu de la structure physique et sémantique du contenu de l'hypertexte (Amadiou & Salmerón, 2014 ; Caro Dambreville & Betrancourt, 2015 ; Caro, 2017 ; Schroeder et al., 2018). Les mots-clefs dans la carte correspondent aux mots hyperliés intégrés dans les nœuds de contenu. Donc, au même titre que les mots hyperliés intégrés dans les nœuds de contenu, les mots-clefs intégrés dans la carte sont censés apporter des indices sur le contenu des nœuds qu'ils permettent respectivement d'ouvrir. De plus, comme la carte est navigable sans restriction (c'est-à-dire que tous les mots-clefs sont cliquables), à partir de la carte navigable, il est possible d'ouvrir directement n'importe quel nœud. Ainsi, naviguer systématiquement via la carte évite d'utiliser les boutons-retours. Cela évite aussi de passer et repasser par des nœuds intermédiaires. L'ensemble de ces propriétés est censé faciliter la navigation et le repérage des nœuds pertinents. Ainsi, une carte navigable devrait favoriser une navigation précise et économe (H3a), réduire les difficultés perçues (H3b) et soutenir les performances (H3c). De plus, comme avec une carte navigable les interactions Elève-Tablette, pour rechercher les informations dans l'hypertexte devraient être plus aisées, alors d'après le modèle CUE (Malhke et Thüring, 2008), chez les enfants, les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher

des informations devraient être meilleures que sans carte (H3d). Par ailleurs, le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire devrait soutenir l'UP et la FUP vis-à-vis de la tablette pour réaliser la tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Autrement dit, plus les élèves se sentent capables de réussir la tâche de lecture documentaire, plus ils devraient percevoir que la tablette est utile et facile à utiliser pour réaliser une tâche de recherche d'information (H3e). Enfin, comme le SEP est censé être positivement corrélé aux habiletés alors les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé devraient soutenir les perceptions d'utilité et de facilité d'usage vis-à-vis de la tablette (H3f).

- **Hypothèse 4 : Interactions entre les ressources internes et la carte navigable**

Des résultats d'études antérieures ont montré qu'une carte navigable atténue les effets des connaissances initiales (Fesel et al., 2018). Dans la même veine, la carte navigable devrait atténuer les effets des habiletés en recherche d'information et du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire sur les performances (H4).

## **3. Méthode**

### **3.1. Les participants**

Au total, 108 élèves de CM1 et de CM2 (66 filles et 42 garçons) scolarisés dans deux écoles ont participé à l'étude (Âge moyen = 10,06 ans ;  $ET = 0,63$ ). D'après leurs enseignant.e.s, ces élèves ont rarement utilisé les tablettes en classe, et uniquement pour faire des exercices avec des applications éducatives, pour prendre des photos, pour capturer une vidéo et pour produire des écrits simples (écrire une légende). Par ailleurs, ils ont bénéficié, depuis le début du cycle 3 (cours moyen 1), d'un enseignement explicite des stratégies de lecture fonctionnelle : analyse de la question, repérage des mots-clefs, identification du type d'information à rechercher, apport de connaissances sur les indices de structure, techniques de lecture sélective, contrôle de la réponse par rapport à la question (Bianco & Lima, 2017). Ils ont fait ce travail à partir de textes documentaires linéaires (comme un récit historique avec une chronologie) ou non linéaires imprimés, mais jamais à partir d'un hypertexte ou en ligne.

27 participants ont été exclus des analyses statistiques pour diverses raisons. Principalement pour cause de données incomplètes : soit les élèves n'ont pas assisté à toutes les sessions de l'étude, soit ils ont répondu partiellement aux questions. A cela s'ajoute des participants exclus alors qu'ils ont répondu à toutes les questions (parfois correctement) : apparemment, ces derniers auraient répondu aux questions sans rechercher les informations dans l'hypertexte car il n'y avait pas de traces de navigation correspondant aux réponses données. Nous avons aussi exclu des analyses les données des élèves non francophones (nouvellement arrivés en France) et ceux pour lesquels des troubles des apprentissages ont été diagnostiqués par les services de soins. Cependant, conformément à la loi française pour l'école inclusive (Journal officiel, Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées<sup>11</sup>), nous nous sommes organisés pour permettre à ces élèves à besoins éducatifs particuliers de participer tout de même à l'étude : par exemple, avec un adulte-accompagnant de vie scolaire.

### **3.2. Matériels**

Remarque générale : Les contraintes du calendrier scolaire et de la programmation des projets pédagogiques des enseignant.e.s n'ont pas permis, bien que cela soit recommandé (surtout pour préparer des questionnaires destinés à des enfants), de pré-tester les matériels utilisés dans cette étude. La conception des outils s'est appuyée sur des propositions issues de la littérature scientifique.

- **L'hypertexte à partir duquel les élèves ont recherché des informations pour répondre à des questions**

Nous avons conçu le matériel de recherche d'information : l'hypertexte dans les deux conditions de guidage et les questions auxquelles les élèves devaient répondre. L'hypertexte dans chacune des deux conditions de guidage (sans carte VS avec carte navigable) a été conçu avec le logiciel de web design Sparkle proposé par l'éditeur River SRL (Italie). Au niveau du contenu et de la mise en page, nous avons tenu compte du fait que l'hypertexte serait lu sur les tablettes appartenant aux écoles du terrain de cette expérimentation : des tablettes de la marque Apple, modèle iPad Air de dimensions 9,7 pouces (21,5 x 12,1 cm). Pour que les élèves n'aient pas besoin de scroller ou de zoomer, le contenu et la mise en

---

<sup>11</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000809647>

page ont été adaptés aux dimensions d'un écran présenté en position verticale. Les règles d'ergonomie pour la conception des documents numériques pour l'apprentissage (Caro Dambreville & Betrancourt, 2015) ont été respectées, en tenant compte de la taille et de la position de l'écran.

L'hypertexte traitait d'un thème inscrit au programme officiel : la consommation d'électricité, réseau domestique. Il était constitué de 10 nœuds : ce qui correspondait approximativement à un volume de contenu équivalent à celui d'une double-page d'un manuel scolaire de sciences ou d'histoire-géographie du cours-moyen de l'école primaire et à celui d'un hypertexte proposé pour des participants du même âge (Fesel et al., 2018). Huit nœuds contenaient un texte seul ou illustré (entre 30 et 120 mots). Un nœud contenait un tableau de données à une entrée et un autre contenait une photographie seule. Les informations textuelles étaient tapuscrites, dans une police de caractères, sans sérif, de taille 4 mm (sans zoomer), avec environ 20 caractères par ligne. Un interligne double a été choisi pour aérer le texte. Les mots-clefs hyperliés n'étaient pas coupés par un retour à la ligne. Sachant qu'a priori nos participants auraient peu de connaissances initiales sur ce thème, pour assembler les nœuds, nous avons choisi une structure sémantique et topologique parmi celles recommandées pour les élèves ayant peu de ressources internes (Herrada-Valverde & Herrada-Valverde, 2017) : à savoir, une structure quasi hiérarchique. L'ensemble comptait quatre niveaux hiérarchiques. Chaque nœud comportait entre un et trois liens intégrés dans le contenu informationnel, hormis les nœuds situés au plus profond de la hiérarchie (ces derniers contenaient seulement un bouton-retour). Le nœud situé à la racine contenait un titre principal et une courte introduction. Dans ce nœud, deux liens étaient intégrés dans le texte. Ils permettaient d'accéder à deux principaux embranchements. Le premier embranchement (4 nœuds) traitait du réseau d'électricité domestique. Le second embranchement (5 nœuds) traitait de pourquoi et comment réduire la consommation électrique. Dans chaque embranchement, les nœuds étaient reliés hiérarchiquement. Chaque nœud comportait en plus un bouton-retour. En condition « carte navigable », en haut de chaque nœud de contenu informationnel, il se trouvait une image réduite de la carte. Cliquer sur cette image permettait d'ouvrir la carte. Elle devenait alors navigable. La carte se présentait comme une carte conceptuelle. Les dix étiquettes correspondaient respectivement aux dix nœuds. Les étiquettes étaient reliées par des traits non orientés indiquant les relations entre les nœuds. Chaque étiquette contenait un mot-clef correspondant à un mot hyperlié dans le texte. Un point rouge dans la carte permettait à l'élève de se situer dans l'hypertexte. Les étiquettes, dans la carte, étaient interactives : en cliquant dessus, l'élève ouvrait le nœud correspondant. La carte navigable ne comportait pas de bouton « *Fermer la carte* ». Donc, si l'élève ouvrait la carte navigable, alors il était obligé de cliquer sur une des

étiquettes pour poursuivre sa navigation. Des représentations de ce que les élèves voyaient sur l'écran de la tablette, selon chaque condition de guidage, se trouvent en [figure 9](#).

Pour contraster les deux conditions de guidage, quitte à assumer le fait de ne pas avoir tout à fait à fait respecté les règles de conception recommandées, dans chaque nœud, les sous-titres ont été supprimés. De plus, certains boutons-retours ne renvoyaient pas au nœud du niveau hiérarchique immédiatement supérieur. De cette manière, pour les élèves du groupe « sans carte » et pour ceux du groupe « carte navigable » qui n'utiliseraient pas la carte navigable, a priori, il serait très difficile de s'orienter.

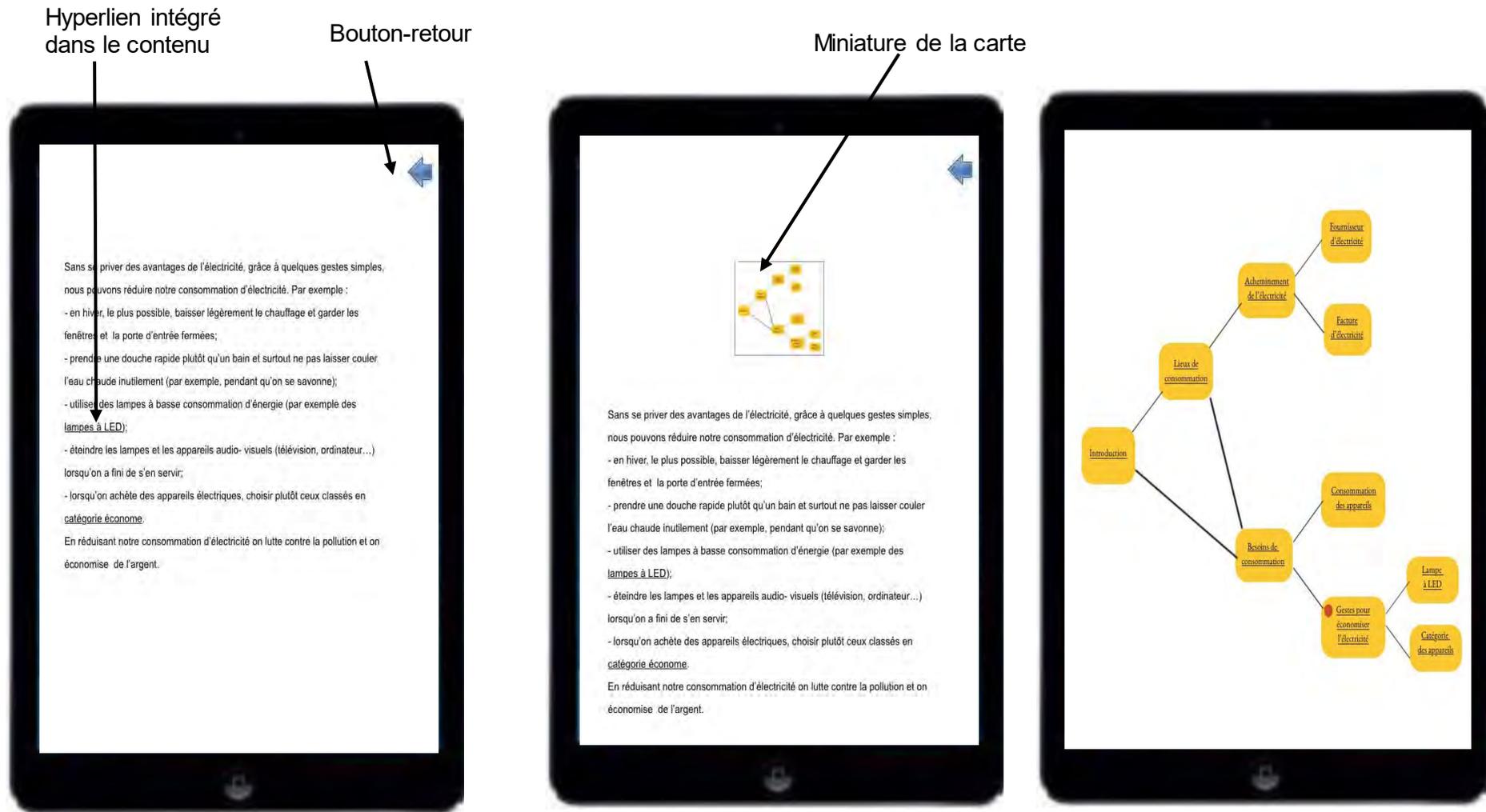


Figure 9 : Vues de l'écran de la tablette, selon les conditions de guidage (étude 1)

A gauche, vue d'un nœud sans carte. Au centre, vue du même nœud avec une carte navigable. A droite, vue de la carte navigable affichée en plein écran.

## ▪ **Mesure des variables indépendantes**

Les variables indépendantes mesurées étaient potentiellement des ressources internes (variables invoquées). Toujours pour tendre vers l'examen de situations écologiques, ces variables ont été mesurées avec des outils ayant l'apparence de supports d'apprentissage classiques.

- Evaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé (cf. [Annexe 1. A](#) pour un aperçu du document)

Pour évaluer les habiletés en recherche d'information, il existe un outil adapté pour des élèves plus âgés que ceux de cette étude (11 à 14 ans) : il s'agit du CompLEC (Llorens Tatay et al., 2011). Il a été conçu sur les principes de base de l'évaluation PISA que passent les élèves de 15 ans. Les élèves doivent répondre à des questions à partir de textes documentaires linéaires et non linéaires imprimés. Comme nous n'avons pas trouvé d'outil équivalent adapté à des enfants de 9-11 ans, nous avons repris les principes de l'évaluation PIRLS (c'est-à-dire l'équivalent de l'évaluation PISA pour des enfants de fin d'école primaire). Nous avons utilisé un outil d'évaluation basé sur une planche documentaire traitant du thème de la déforestation. C'est un extrait d'un guide pédagogique édité par le magazine La classe (Zimmermann & Pol, 2011). Ce document est recommandé sur le site Eduscol parmi les guides et ressources pour les enseignant.e.s du cycle 3, en lecture-compréhension de l'écrit (lire et comprendre des documents qui associent textes, images et schémas). Les élèves devaient rechercher des informations dans ce document non linéaire imprimé, pour répondre à quatre QCM dont des questions de localisation et des questions d'intégration. Ils ont reçu les questions en même temps que le document. Le temps n'était pas strictement contraint : il était toutefois limité par la durée impartie à la séance dans l'emploi du temps de la classe (soit, environ 20-25 minutes de travail effectif, selon les élèves). Un point a été attribué pour chaque réponse correcte. Bien qu'il n'y ait pas de discussion possible sur la validité des réponses (car il s'agissait d'un QCM), une double-correction suivie d'une harmonisation a été réalisée entre l'expérimentatrice et un professeur des écoles. Il s'agissait, ainsi, de limiter les risques d'erreurs d'inattention au moment de la correction. La cohérence interne de la grille de notation a été testée avec le coefficient alpha de Cronbach. Comme nous nous y attendions, le coefficient était faible,  $\alpha = .51$ . Ceci pouvait s'expliquer par le fait que les items appelaient à mettre en œuvre des stratégies de recherche d'information différentes (localisation VS intégration). Ainsi, l'outil évaluait des dimensions différentes. Comme le coefficient alpha était en-deçà du seuil de cohérence interne, nous n'avons pas pris le risque de calculer la moyenne des points. Nous avons préféré calculer la

somme des points pour l'ensemble du test (c'est-à-dire, une note sur 4 points possibles). Il est important de noter qu'au vu des contraintes et des priorités de la thèse, nous n'avons pas pu d'organiser des études préliminaires pour tester la validité et la fiabilité de cet outil.

- Le sentiment d'efficacité personnelle lié aux habiletés en lecture documentaire (cf. [Annexe 1.B](#) pour la liste des items)

Le questionnaire de mesure du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire a été construit sur la base des recommandations de Bandura (2006). Il s'agissait d'un questionnaire de mesure explicite des perceptions au moyen d'une échelle de Likert (mesure auto-rapportée). Les items concernaient différentes composantes de la lecture documentaire : la lecture de mots inconnus, l'hétérogénéité du code de l'information, la recherche d'information, etc. Des recommandations pour la conception d'un questionnaire pour les enfants ont été prises en compte (De Leeuw, 2011) : formulation simple des items, personnalisation (« A quel point te sens-tu capable de... » / « je me sens... ») et emploi de la forme affirmative. L'expression « capable de faire... » a été préférée à « pouvoir faire... » (cette dernière est pourtant recommandée par Bandura), pour éviter toute ambiguïté liée à la polysémie du verbe « pouvoir » (autorisé ≠ capable de).

Voici, les quatre items de l'échelle de mesure :

*En lecture documentaire, à quel point te sens-tu capable de :*

- *Lire rapidement des mots inconnus ?*
- *Lire un texte documentaire qui contient de l'écrit, des schémas, des tableaux... ?*
- *Trouver des informations dans un texte ?*
- *Avoir de bonnes notes ?*

Bien que pour des enfants, des étiquettes visuelles ou verbales soient plus faciles à comprendre que des étiquettes numériques (De Leeuw, 2011), dans le cas d'une échelle de mesure du SEP, les émoticônes sont à éviter car les enfants ont du mal à faire le lien entre les aspects motivationnels et affectifs (Bandura, 2006). Il est préférable que l'échelle soit unipolaire car il n'y a pas de sens à représenter un sentiment d'efficacité personnelle / de capacité inférieur à « *Je ne peux pas faire* » qui correspond à 0. Lorsque le construit que l'on cherche à mesurer est très variable, à l'instar du SEP, une échelle comportant peu d'intervalles serait moins à même de rendre compte d'un changement subtil (Bandura, 2008 ; Parajes, Hartley, & Valiante, 2001). Bien que cette dernière recommandation soit controversée (Toland et Usher, 2016), dans l'objectif de construire une échelle sensible, nous avons prévu 21 intervalles. Enfin, l'échelle comptait de 5 en 5, de 0 (« *Je ne me sens pas du tout capable de faire cela* ») à 100 (« *Je me sens tout à fait capable de faire cela* »).

Un intervalle 5 a été préféré à un intervalle de 10 car pour un enfant, il est plus difficile de se représenter les nombres supérieurs à 5. Avant l'expérimentation, à l'occasion d'une séance d'Education Physique et Sportive, avec leurs enseignant.e.s, les participants se sont familiarisés avec ce type d'outil. Ils ont utilisé une échelle d'évaluation du SEP à réaliser une course d'endurance (c'est une activité classique pour apprendre aux élèves à réguler leur effort lors d'une activité physique longue). Le SEP en lecture documentaire a été mesuré juste avant la présentation de la situation d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé. Il s'agissait donc d'une mesure décontextualisée du SEP (Guthrie et al., 2013 ; Peura et al., 2019). La cohérence interne de cet outil de mesure a été testée avec le coefficient alpha de Cronbach,  $\alpha = .76$ .

- Les connaissances initiales sur le thème de la consommation domestique en électricité

Le questionnaire des connaissances initiales contenait les questions de la tâche-test (recherche d'information dans l'hypertexte). Nous avons ajouté des questions supplémentaires qui traitaient également du thème de l'électricité domestique. Ces dernières servaient à limiter les risques que les élèves mémorisent les questions et se renseignent sur les réponses entre ce test des connaissances initiales et la tâche-test (par exemple, auprès de leurs parents). Finalement, le questionnaire comportait huit questions ouvertes (dont les trois questions de la tâche-test). Un point a été attribué à chaque réponse correcte, un demi-point pour une réponse partielle et zéro point pour une réponse erronée ou absence de réponse. Comme pour le test d'évaluation des habiletés (cf. supra), une double correction suivie d'une harmonisation a été réalisée. La somme des points obtenus pour les trois items correspondant à la tâche-test a été calculée. La cohérence interne de l'outil de mesure a été testée avec le coefficient alpha de Cronbach. Ce coefficient était particulièrement faible,  $\alpha = .40$ . Une explication est apparue lors de l'analyse descriptive des données. En effet, les moyennes des connaissances initiales étaient très faibles, respectivement pour le groupe « sans carte » ( $M = .39$  ;  $ET = .43$ ) et pour le groupe « carte navigable » ( $M = .56$  ;  $ET = .62$ ). Ceci indiquait un effet plancher. Or, cet effet peut réduire la variance de certains items et se traduire par un coefficient alpha faible (Béland & Cousineau, 2018).

#### ▪ **Mesure des variables dépendantes**

Sur la base des modèles MD-TRACE, de la Théorie de la charge cognitive et des composantes de l'UX quatre types de variables dépendantes ont été examinés : des variables ayant trait à l'efficacité de la navigation, des variables ayant trait aux difficultés perçues, des

variables ayant trait aux performances en recherche d'information dans l'hypertexte et des variables ayant trait aux perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette.

- Taux d'ouverture de la carte navigable

Pour tester l'hypothèse 1, pour le groupe travaillant en condition « carte navigable », nous avons d'abord calculé le taux d'ouverture de la carte navigable. En effet, pour pouvoir tester l'effet de la carte, il fallait d'abord savoir si et à quel point les élèves l'ont utilisée. En condition « carte navigable », l'hypertexte était constitué de nœuds de contenu et d'un nœud contenant la carte navigable. Pour calculer le taux d'ouverture de la carte, nous avons divisé le nombre d'ouvertures du nœud contenant la carte par le nombre d'ouvertures de nœuds de contenu.

$$\text{Taux d'ouverture de la carte} = \frac{\text{Nombre d'ouvertures de la carte}}{\text{Nombre d'ouvertures de noeuds de contenu}}$$

Pour chaque question, le taux d'ouverture de la carte navigable peut varier de 0 à 1. Un taux égal à 0 signifie que l'élève n'a jamais ouvert la carte : auquel cas, dans l'historique de navigation, il n'y a pas de trace d'ouverture de la carte navigable, et, donc, l'élève a navigué via les mots hyperliés et les boutons-retours implémentés dans les nœuds de contenu (c'est-à-dire comme les élèves du groupe « sans carte »). A l'opposé, un taux égal à 1 signifie que tout au long du parcours, l'élève a systématiquement utilisé la carte pour naviguer. Auquel cas, dans l'historique de navigation, il apparait une alternance d'ouvertures de la carte navigable et de nœuds de contenu. Un exemple d'historique de navigation correspondant à chaque condition de guidage se trouve en [annexe 1.D](#).

- L'efficacité de la navigation

Il existe de nombreux indicateurs d'efficacité de la navigation (Amadiou, Bastien & Tricot, 2008). En cohérence avec nos hypothèses (cf. supra), nous avons retenu deux indicateurs : la précision et l'économie. Les raisons sont développées dans les encarts ci-après.

Nota : nous avons considéré que la durée d'ouverture de chaque nœud n'était pas un indicateur pertinent parce qu'en l'absence de technique d'observation du regard de l'élève, la durée d'ouverture d'un nœud n'indique pas avec certitude la durée de lecture du nœud en question. En effet, l'élève peut très bien ouvrir un nœud et faire toute autre chose que lire le contenu de ce nœud (Salmerón et al., 2017).

**► Pourquoi avoir choisi la précision comme indicateur d'efficacité de la navigation et comment calculer la précision ?**

Pour rechercher des informations dans un hypertexte, une navigation efficace consiste à naviguer avec précision : c'est-à-dire ouvrir les nœuds qui contiennent les informations utiles pour répondre à la question (nœuds-cibles) en évitant d'ouvrir les nœuds non-cibles. Cependant, en l'absence de carte navigable, il n'est pas possible d'accéder aux nœuds-cibles sans passer par des nœuds intermédiaires. Ainsi, sans carte, des auteurs (Naumann & Salmerón, 2016) utilisent la notion de nœuds pertinents : ce sont les nœuds-cibles et les nœuds intermédiaires pour accéder aux nœuds-cibles. Sans carte, une navigation précise consiste à ouvrir les nœuds pertinents et à éviter les nœuds non pertinents. Une carte navigable permet d'avoir une « ultra-précision ». Elle permet d'ouvrir directement les nœuds-cibles sans ouvrir les nœuds intermédiaires.

Dans cette expérimentation, pour marquer le fait que la carte navigable permet d'éviter les nœuds intermédiaires (par rapport à la condition « sans carte »), nous avons utilisé une définition de la précision au sens utilisé en sciences de l'information et de la communication.

$$\text{Précision} = \frac{\text{Nœuds-cibles ouverts}}{\text{Total de nœuds-cibles} + \text{Nœuds non-cibles ouverts}} \quad (\text{Rouet, 2003})$$

Pour chaque question, la précision peut varier de 0 (aucun nœud-cible ouvert) à 1 (tous les nœuds-cibles ouverts, sans ouvrir les nœuds non-cibles).

Pour les questions 1, 2 et 3, l'expérimentatrice et conceptrice des matériaux a prévu respectivement 2, 1 et 3 nœud.s cible.s. La précision a été calculée pour chaque question. Puis, nous avons calculé la moyenne pour les trois questions.

► **Pourquoi avoir choisi l'économie comme autre indicateur d'efficacité de la navigation et comment calculer l'économie ?**

En plus d'une navigation précise, une carte navigable pourrait aider à mémoriser le contenu de chaque nœud et la position relative de chaque nœud au fur et à mesure que les nœuds sont ouverts. Cela pourrait permettre d'éviter de rouvrir des nœuds. De plus, par rapport à la condition « sans carte », la carte navigable évite d'utiliser les boutons-retours et donc de repasser par des nœuds déjà ouverts alors que l'élève progresse dans la structure hiérarchique. Ainsi, nous avons considéré qu'une carte navigable devrait soutenir une navigation économe. Pour calculer l'économie, nous avons utilisé la formulé proposée par A. Tricot (Tricot et al., 1999, in Amadiou et al., 2008) :

$$\text{Economie} = \frac{\text{Nombre de noeuds différents ouverts}}{\text{Nombre total de noeuds ouverts dont rouverts}}$$

Si le nombre de nœuds différents ouverts est égal au nombre total de nœuds ouverts, alors, l'élève n'a rouvert aucun nœud déjà ouvert. Dans ce cas, l'économie est égale à 1. Plus la navigation est économe, plus l'économie est proche de 1. L'économie a été calculée pour chaque question. Puis, la moyenne a été calculée pour les trois questions.

En complément, de cette approche purement quantitative, pour comprendre la stratégie de navigation des élèves et notamment les effets des conditions de guidage sur les stratégies, nous avons réalisé une analyse qualitative de parcours. Le but était d'apporter des éléments d'interprétation des résultats de l'analyse quantitative.

L'analyse qualitative a été réalisée en deux temps. Premièrement, le parcours de chaque élève a été analysé par rapport au parcours expert (du point de vue de l'expérimentatrice). Deuxièmement, les parcours ont été comparés les uns par rapport aux autres. Des patterns de navigation ont été recherchés. Il a été décidé de limiter l'analyse qualitative aux traces de navigation pour répondre à la question 1 car tous les participants ont commencé par cette question et ils sont donc tous partis du même nœud (« Introduction »). Par contre, les comportements de navigation pour répondre à la question 2 ont pu être influencés par les parcours (c'est-à-dire les nœuds visités) pour répondre à la question 1. Puis, les

comportements pour répondre à la question 3 ont pu être influencés par les parcours pour répondre aux questions 1 puis 2.

- Les difficultés perçues : sentiment de désorientation et perception d'effort mental (cf. [Annexe 1.E](#), pour la liste des items)

Pour mesurer le niveau de difficultés perçues, nous avons conçu une échelle de mesures auto-rapportées. Elle comprenait deux items pour évaluer l'effort mental perçu et trois items pour évaluer le sentiment de désorientation. Pour la désorientation, une mesure subjective a été préférée par rapport à une mesure objective parce que des études antérieures ont montré que pour une tâche de recherche d'information dans un hypertexte, ce ne serait pas le nombre de nœuds intermédiaires à ouvrir qui occasionne de la désorientation mais le niveau de perceptions de difficultés à traiter une question (a priori) : plus ce niveau est élevé plus les apprenants ouvriraient des nœuds (y compris des nœuds non pertinents) et plus ils seraient désorientés (Bayazit, Bayram, & Cumaoglu, 2018).

Pour les items du questionnaire de l'échelle de mesure de l'effort mental perçu, nous nous sommes inspirés de l'échelle de Paas et ses collaborateurs (1994). Nous avons adapté les items au regard de la tâche donnée aux élèves (recherche d'information) :

- *Indique à quel point tu as dû réfléchir pour chercher les informations dans le texte.*
- *Indique à quel point tu as trouvé, la lecture de l'hypertexte, avec une tablette, difficile.*

Pour les items du questionnaire de l'échelle de mesure du sentiment de désorientation, nous nous sommes inspirés des travaux de Ahuja et Webster (2001). Les items ont également été adaptés au regard de la tâche de recherche d'information :

- *Indique à quel point tu t'es senti(e) perdu(e) dans l'hypertexte.*
- *Indique à quel point tu as eu du mal à savoir sur quelles pages se trouvaient les informations que tu cherchais.*
- *Indique à quel point tu ne savais plus où tu étais dans l'hypertexte.*

L'échelle comptait de 1 en 1, de 0 (presque pas) à 10 (énormément). La cohérence interne de l'échelle de mesure de l'effort mental a été évaluée avec le test de corrélation de Spearman car il n'y avait que deux items. Le coefficient de corrélation était satisfaisant,  $Rho = .67$ ,  $p < .001$ . La cohérence interne de l'échelle de mesure du sentiment de désorientation a été évaluée avec le test de Cronbach. Le coefficient était satisfaisant,  $\alpha = .89$ .

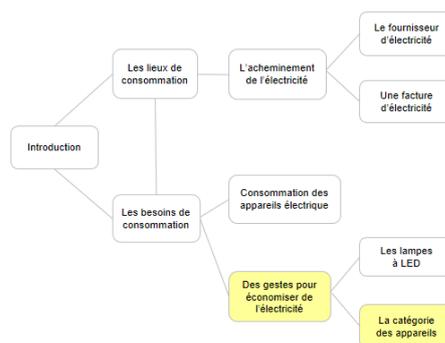
- Les performances en recherche d'information dans l'hypertexte

Les élèves ont répondu par écrit, dans l'ordre, à trois questions présentées simultanément sur un support-papier (cf. [Annexe 1.C](#), pour voir la fiche questions-réponses). Des réponses littérales ont été préférées afin de limiter les risques que les élèves répondent sans lire l'hypertexte (Martínez, Vidal-Abarca, Sellés, & Gilabert, 2008). Les questions 1 et 3 sous-tendaient des processus d'intégration. La question 2 sous-tendait un processus de localisation. Pour les questions 1 et 2, il y avait une correspondance lexicale terme à terme entre la question et des mots-clefs dans la carte. Les élèves ont répondu dans l'ordre aux trois questions.

Ci-après, pour chaque question, nous avons indiqué les caractéristiques de la question (processus cognitifs sous-jacents, correspondance lexicale ou pas). La vignette représente un aperçu de la structure du contenu de l'hypertexte. Les étiquettes jaunes signalent les nœuds pertinents (c'est-à-dire ceux qui contenaient les informations utiles pour répondre à la question).

- Question 1 : *Pourquoi quand on achète des appareils de catégorie A, on aide à lutter contre la pollution?*

Question appelant à une intégration entre les informations « *Les appareils de catégorie A sont économes* » (nœud-cible : La catégorie des appareils) et « *Choisir des appareils économes... permet de lutter contre la pollution...* » (nœud-cible : Des gestes pour économiser de l'électricité). Ces nœuds se situaient respectivement aux troisième et quatrième niveaux de profondeur de la structure hiérarchique. Il existait une correspondance lexicale entre la question et une partie d'un mot-clef hyperlié avec le mot « *catégorie* ». Ce mot-clef se trouvait dans la carte navigable. Il se trouvait aussi dans le contenu du nœud intitulé « *Des gestes pour économiser de l'électricité* » qui était parent du nœud-cible « *Catégorie des appareils* ».



Réponse attendue : Une réponse qui démontre une compréhension complète en intégrant les informations issues des deux nœuds-cibles. Par exemple, « *Les appareils de catégorie A sont des appareils économes (en électricité). Ils consomment moins d'électricité. Donc, ils permettent de lutter contre la pollution.* ».

Réponse partielle : Une réponse qui présente les informations issues d'un seul nœud-cible. Par exemple, « *Les appareils de catégorie A sont économes* ».

*Question 2 : Ecris trois exemples de gestes simples qui permettent d'économiser l'électricité à la maison.*

Question appelant à la localisation d'informations explicitement notées dans un nœud. Les trois gestes étaient à prélever parmi les cinq propositions écrites dans le nœud-cible intitulé « *Des gestes pour économiser de l'électricité* ». Ce nœud se situait au troisième niveau de profondeur de la structure hiérarchique. Ce nœud-cible était également un nœud-cible de la question 1.

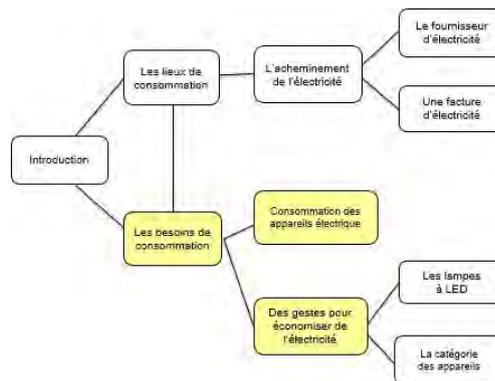


Réponse attendue : Trois exemples prélevés dans le nœud-cible. Pas de réponse partielle possible.

*Question 3 : Pourquoi en ne laissant pas la porte d'entrée de la maison ouverte, en hiver, on peut réduire grandement le gaspillage d'électricité ?*

Question appelant à l'intégration d'informations situées dans trois nœuds-cibles d'un même embranchement. Ces nœuds étaient situés respectivement en deuxième et troisième niveaux de profondeur de la structure hiérarchique : « *Pour vivre dans de bonnes conditions, nous avons besoin... de nous chauffer... Ces activités de la vie*

quotidienne nous font consommer de l'électricité... nous consommons plus d'électricité que ce dont nous avons besoin... pratiquant des gestes simples, il est possible de réduire notre consommation. » (nœud-cible : Les besoins de consommation), « Baisser le chauffage... ne pas laisser la porte d'entrée ouverte » (nœud-cible : Des gestes pour économiser de l'électricité) et « En hiver, le chauffage consomme 69% d'électricité dans une habitation. C'est la plus grosse part de la consommation » (nœud-cible : La consommation des appareils électriques).



Réponse attendue : Une réponse qui démontre une compréhension complète en intégrant les informations issues des trois nœuds-cibles. Par exemple, « *En hiver, le chauffage est l'appareil qui consomme le plus d'électricité. En gardant les portes et les fenêtres fermées, la chaleur de la maison ne part pas dehors. Elle reste dans la maison. Comme cela, on ne gaspille pas la chaleur du chauffage* ».

Réponse partielle : la réponse présente les informations issues d'un seul nœud-cible. Par exemple, « *Le chauffage consomme beaucoup d'électricité.* ».

Les réponses des élèves ont fait l'objet d'une double-correction par l'expérimentatrice et par un.e stagiaire du laboratoire. Un corrigé-type a servi de référence aux deux correcteurs. Après évaluation, les deux correcteurs se sont concertés et ont harmonisé leurs notes, si besoin. Un point a été accordé pour chaque réponse attendue ou équivalente. En cas de réponse partielle, un demi-point a été accordé. En cas d'absence de réponse ou de toute autre réponse, aucun point n'a été accordé. Les performances à ce test correspondaient à la somme des points obtenus à chaque item. Ainsi, les élèves qui ont correctement répondu aux trois questions ont obtenu un maximum de 3 points.

- Les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette (cf. [Annexe 1.F](#), pour la liste des items)

Le questionnaire proposé dans le modèle TAM (Davis, 1989) permet de réaliser, une mesure globale des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis d'un appareil, du point de vue de l'utilisateur. Il s'intéresse à l'utilité perçue (UP) et à la facilité d'usage perçue (FUP). Ce questionnaire peut convenir, pour travailler avec le modèle CUE (Mahlke, 2008). Cependant, il est nécessaire d'adapter les items au matériel numérique évalué et au contexte (Debie, Hellemans, & van de Leemput, 2013). De plus, la formulation des items doit tenir compte des recommandations pour la conception des outils de mesure pour des enfants (De Leeuw, 2011). Les items concernaient les perceptions vis-à-vis de la tablette et vis-à-vis d'un hypertexte. Certains items étaient généraux (par exemple, « *D'une manière générale, il est facile d'utiliser la tablette.* »). D'autres étaient orientés spécifiquement vers la tâche (par exemple, « *Il est facile d'ouvrir un hyperlien.* » et « *D'une manière générale, il est facile d'utiliser la tablette pour lire un hypertexte.* »).

Dans l'intention d'assurer une cohérence dans la manière de renseigner les différents questionnaires d'évaluation des perceptions au cours de cette expérimentation, nous avons décidé que le format de l'échelle de mesure des perceptions de qualités instrumentales ressemble à celui des autres échelles utilisées (c'est-à-dire le SEP et les difficultés perçues). Ainsi, sur une échelle unipolaire allant de 0 (« Je ne suis pas du tout d'accord ») à 10 (« Je suis tout à fait d'accord »), l'élève indiquait à quel point il était d'accord avec les affirmations.

La cohérence interne de l'échelle de mesure de l'UP et de la FUP a été évaluée avec le test de Cronbach. Le coefficient était faible pour l'UP ( $\alpha = .49$ ) comme pour la FUP ( $\alpha = .59$ ). La faiblesse du coefficient pouvait être dû à un problème de cohérence interne. Dans le doute, la moyenne des données des différents items n'a pas été calculée. De plus, la distribution des données a été observée pour chaque item, pour l'UP comme pour la FUP. Nous avons constaté un effet plafond pour quasiment chaque item. En effet, pour l'UP, la moyenne de chaque item était très élevée, pour le groupe « sans carte » ( $8.95 < M < 9.24$ ) comme pour le groupe « carte navigable » ( $8.28 < M < 9.55$ ). Il en était de même pour la FUP du groupe « sans carte » ( $8.71 < M < 9.56$ ) comme pour celle du groupe « carte navigable » ( $8.08 < M < 9.50$ ). L'effet plafond pouvait masquer un problème de cohérence interne. Ainsi, nous avons conclu que cette échelle de mesure ne permettait pas de discriminer les élèves sondés. Nous avons donc exclu ces variables des analyses inférentielles. En conséquence, les hypothèses impliquant les perceptions des enfants vis-à-vis des qualités instrumentales n'ont pas été testées.

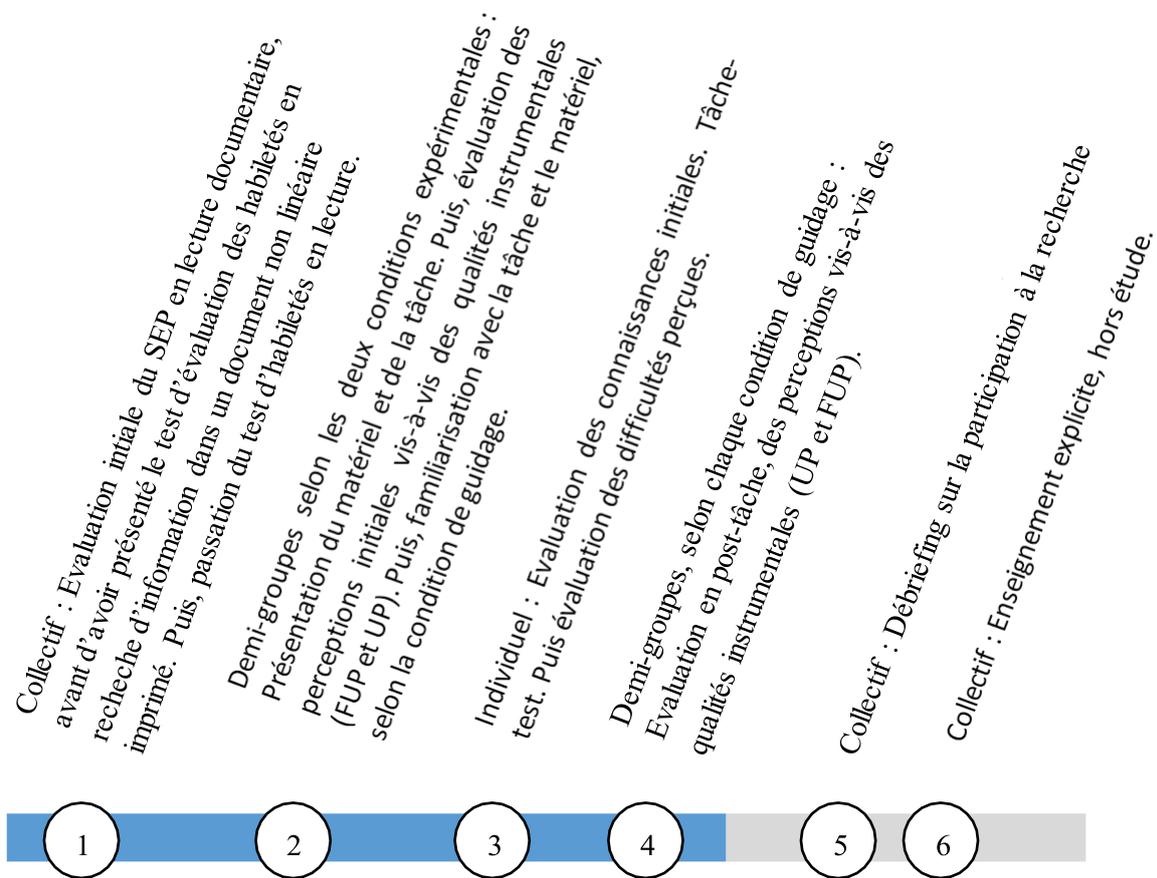
### 3.3. Procédure

#### ▪ Déroulement

Pour prétendre à une « validité écologique » de l'étude, il était important d'examiner les effets des variables prédictives, en condition écologique : c'est-à-dire au plus près de la réalité de la classe. Pour ce faire, au départ, cette étude a été intégrée à un projet des écoles participantes. Un an avant le début de cette étude, les directeurs et directrices des écoles ont informé les enseignant.e.s, les parents et les élèves du projet d'équipement des écoles en tablettes iPad, en lien avec le collège du secteur « préfigurateur », dans le cadre du Plan numérique 2015. Ils ont aussi été informés que cette dotation était accompagnée d'une demande institutionnelle d'examiner les conditions de réussite et de limite de l'usage des tablettes pour l'apprentissage. Dans la foulée, le projet LETACOP a été présenté en tant qu'opportunité de se doter d'outils de la recherche pour étudier lesdites « conditions de réussite et de limite », dans des conditions réelles d'apprentissage. Pour ne pas influencer les comportements des participants, les parents et les enfants n'ont pas eu de précisions sur les objectifs de l'étude. Nous avons juste indiqué que l'objectif était de savoir comment les enfants apprennent avec les tablettes. Nous avons ajouté que les élèves allaient renseigner des questionnaires pour savoir ce qu'ils pensent de leur sentiment de capacité à réussir le travail et pour savoir ce qu'ils pensent du travail qu'ils ont fait avec les tablettes. Tous les parents ont donné leur accord pour que leur enfant participe au projet de recherche.

L'étude a été planifiée en fonction des programmations des enseignements en sciences des classes participantes. Elle comportait quatre principales phases, repérées de 1 à 4 sur le diagramme ci-après (récapitulatif du déroulement de l'expérimentation). Avant de commencer l'expérimentation, un temps de présentation et d'introduction a été organisé dans chaque classe participante. L'expérimentatrice s'est présentée aux enfants comme étant « *une maîtresse qui s'occupe des apprentissages avec les tablettes, dans les écoles* ». Au début du projet, nous avons dit aux enfants qu'ils allaient utiliser les tablettes pour réaliser des exercices de lecture documentaire en sciences.

Avant chaque passation d'un sondage, nous avons rappelé que les questionnaires n'étaient pas des évaluations. Les élèves savaient qu'ils n'étaient pas obligés de les renseigner et qu'ils pouvaient signifier à tout moment qu'ils ne souhaitaient pas/plus participer à l'étude. Pour autant, ils réaliseraient l'activité d'apprentissage avec la tablette mais nous ne regarderions pas leurs réponses.



Phase ① : Cette phase était collective. Elle consistait à collecter les données relatives aux ressources internes initiales. Les élèves ont renseigné, en premier lieu, le questionnaire d'évaluation du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire. De cette manière, les élèves ont évalué le SEP en référence à leurs expériences antérieures en lecture documentaire et non en référence à la tâche qui allait suivre (puisqu'elle n'avait pas encore été présentée). Ensuite, les élèves ont réalisé le test d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé.

Phase ② : L'objectif était de collecter les données sur les perceptions initiales des élèves vis-à-vis des qualités instrumentales des tablettes et de permettre aux élèves de se familiariser avec la tâche et le matériel de lecture. Durant la phase de familiarisation, les élèves ont travaillé avec un hypertexte qui traitait de la production d'électricité. Dès cette phase, suivant un plan expérimental à groupes indépendants, les 108 participants ont été répartis, en deux groupes, selon les deux conditions de guidage : un groupe « sans carte » et un groupe « carte navigable ». Pour constituer les deux groupes, nous avons préféré une randomisation par grappe (c'est-à-dire par classe) plutôt qu'une randomisation individuelle. La randomisation individuelle aurait grandement complexifié la passation de l'expérimentation.

De plus, nous souhaitions limiter les risques de « contamination expérimentale » entre les participants, pour les mesures des perceptions. Cependant, nous reconnaissons que la randomisation par classe pourrait poser des biais liés au fait que les groupes-classes avaient des enseignant.e.s différent.e.s : donc, il y aurait probablement des différences au niveau des enseignements en sciences, en lecture documentaire (enseignement explicite de la recherche d'information dans un document non linéaire imprimé). Pour ces raisons, il était difficile de compter sur une homogénéité entre les classes. Néanmoins, pour limiter ce biais, chaque groupe était constitué de deux classes. Les deux classes étaient issues de deux écoles. Plus précisément, le groupe « sans carte » était constitué de la classe de CM1 de l'école 1 et de la classe de CM2 de l'école 2 ; le groupe « carte navigable » était constitué de la classe de CM2 de l'école 1 et de la classe de CM1 de l'école 2. Comme les classes étaient équilibrées du point de vue des effectifs et de la parité, finalement, les groupes expérimentaux étaient équilibrés (parité et niveaux scolaires).

Phase ③ : L'objectif principal de la troisième phase était de réaliser la tâche-test (recherche d'information dans l'hypertexte selon les deux conditions de guidage). L'hypertexte traitait de la consommation d'électricité. Avant de commencer, lors d'un temps de passation collectif, tous les élèves ont rempli un test d'évaluation des connaissances initiales sur ce thème. Ensuite, la passation était individuelle. L'expérimentatrice a introduit la tâche-test : explicitation de la consigne, présentation du matériel et rappel les connaissances techniques vues durant la phase de familiarisation (notamment, comment naviguer dans l'hypertexte via les hyperliens, ne pas utiliser les flèches de navigation de l'interface de Safari au risque de couper la connexion avec le serveur local). Si l'élève appartenait au groupe travaillant en condition « carte navigable », l'expérimentatrice a, en outre, rappelé les fonctionnalités de la carte (nécessité d'ouvrir la carte pour qu'elle devienne interactive). Pour permettre l'analyse qualitative des parcours de navigation (pour la question 1), nous avons imposé à chaque élève qu'il traite les trois questions dans le même ordre. Ensuite, l'expérimentatrice a lu la première question et s'est assurée que l'élève a compris quelle sorte d'information était attendue (une date ? le nom d'une personne ? des exemples ? des explications ? etc.). L'élève pouvait solliciter l'aide de l'expérimentatrice pour rédiger la réponse (dictée à l'adulte). Toutefois, il a été précisé que l'orthographe n'avait pas d'importance ici. Pour chaque élève, l'expérimentatrice a relevé les horaires de début et fin de l'activité, pour chaque question. Le temps n'était pas contraint. De plus, l'expérimentatrice s'est assurée régulièrement que l'élève se souvenait de la question (de manière à l'inciter à réactiver voire à renouveler son modèle de tâche). Après avoir répondu aux trois questions, l'élève a renseigné le questionnaire d'évaluation des difficultés perçues (c'est-à-dire le sentiment de désorientation et les perceptions d'effort mental).

Phase ④ : Cette dernière phase du protocole consistait à évaluer, en post-tâche, les perceptions des élèves vis-à-vis des qualités instrumentales des tablettes. Pour éviter que les élèves de groupes expérimentaux différents s'influencent, la passation a été organisée par demi-groupes selon les conditions expérimentales.

Phases ⑤ et ⑥ (hors expérimentation) : L'objectif de la cinquième phase était de réaliser un débriefing. Dans chaque école, les élèves ont été regroupés, sans tenir compte des conditions expérimentales. L'objectif principal de l'expérimentation a été dévoilé. Les élèves ont été invités à s'exprimer librement par rapport à l'expérimentation. Il s'agissait en premier lieu de s'assurer qu'aucun élève n'avait mal vécu l'expérimentation. Il s'agissait aussi de sensibiliser les élèves aux métiers de la recherche. Après l'expérimentation et au-delà des objectifs de la recherche, lors de la sixième phase, l'expérimentatrice a collaboré à la mise en œuvre d'un enseignement explicite sur la production et la consommation d'électricité en Sciences expérimentales. Il s'agissait de permettre à tous les élèves d'acquérir des connaissances communes, au-delà de l'expérimentation.

- **Solutions techniques utilisées pour enregistrer et exploiter les historiques de navigation**

Pour rappel, l'hypertexte a été conçu avec un logiciel de création et de publication de site web. Comme le montre la [figure 10](#), le site-support de l'hypertexte a été téléchargé dans un environnement de serveur local MAMP préalablement installé sur un ordinateur Macintosh. La tablette était connectée à ce serveur. Le numéro de la tablette, les temps de début et de fin de la navigation de chaque élève (pour chaque question) ont été relevés. L'accès à internet était contrôlé par l'expérimentatrice, comme dans des conditions ordinaires de classe. Les élèves interagissaient de manière tactile avec l'hypertexte (pas de stylet).

L'affichage à l'écran a préalablement été verrouillé en orientation portrait et la tablette a été présentée à l'élève en position verticale, en lui expliquant les raisons. Cette option technique permettait d'afficher simultanément, l'ensemble du contenu de chaque nœud (donc, d'éviter de « couper » une partie du texte ou d'une image), et le cas échéant, en condition « carte navigable » permettait de voir également la miniature de la carte, sur l'écran.

Lorsque tous les élèves ont terminé de rechercher des informations pour répondre à toutes les questions (c'est-à-dire à l'issue de la phase 4), les historiques de navigation ont été extraits au moyen des logiciels iTunes (Apple) et iExplorer (Macroplant LLC). Les fichiers de traces extraits de la tablette se trouvaient au format data base (.db). Le logiciel SQLite a

permis de convertir ces fichiers de traces du format .db au format .csv. : lesquels ont servi de support à l'analyse des traces de navigation.

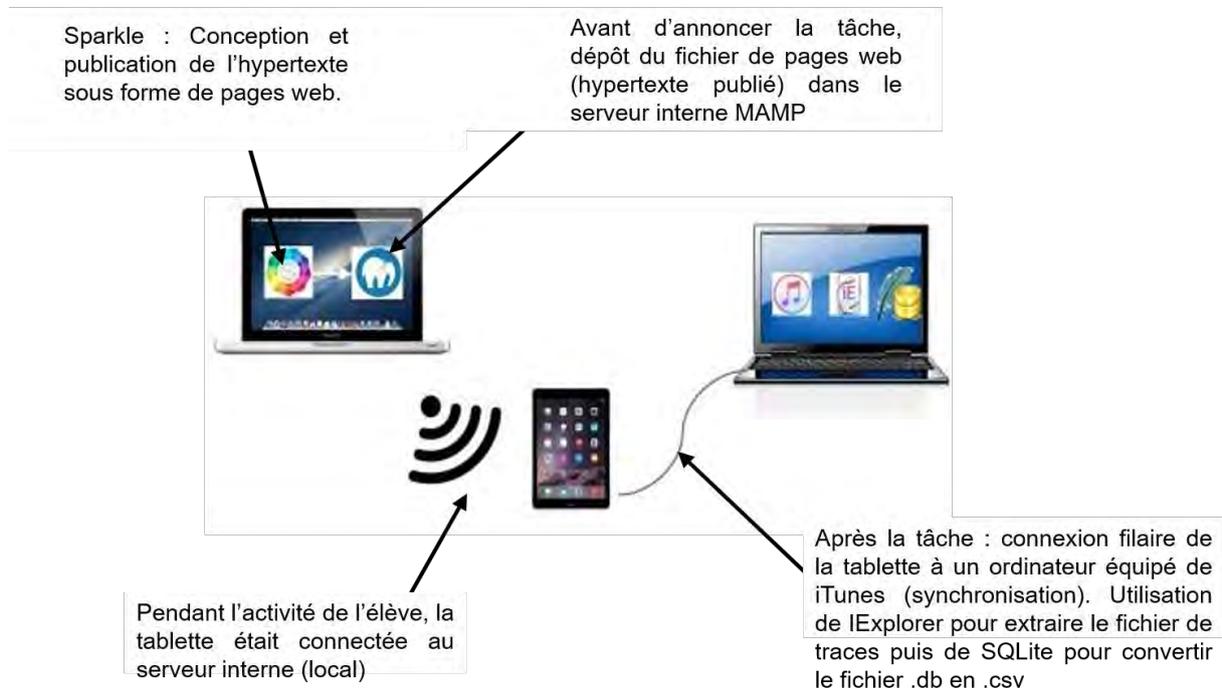


Figure 10 : Schéma récapitulatif des logiciels utilisés pour préparer et publier les hypertextes. Puis, extraire et traiter les traces de navigation

Grâce aux relevés des temps de début et de fin de la navigation, pour chaque question et pour chaque élève, il a été possible de repérer les séquences de navigation, dans le fichier de traces. A partir de l'horodatage et du nommage des nœuds, il a été possible de repérer l'instant d'ouverture de chaque nœud et de suivre rétrospectivement le comportement de navigation de chaque élève, pour traiter chaque question.

## 4. Résultats

Finalement, après élimination des données non exploitables (cf. supra, paragraphe 1), les effectifs des deux groupes étaient suffisamment équilibrés pour réaliser des analyses à groupes indépendants, N = 41 pour le groupe « sans carte » et N = 40 pour le groupe « avec carte navigable ».

## 4.1. Analyse des profils et des équivalences des groupes

Les mesures des tendances centrales (moyennes) et des variabilités de données (écarts-types), pour les deux groupes, sont synthétisées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Moyennes et écarts-types des données relatives au profil initial des élèves, selon les deux conditions de guidage

	Condition	Moyenne	Ecart-type
<b>Connaissances initiales</b>	sans carte	.39	.43
(échelle des scores de 0 à 3)	carte navigable	.56	.61
<b>SEP en lecture documentaire</b>	sans carte	75.2	19.9
(échelle de 0 à 100)	carte navigable	66.9	23
<b>Habilités en RI <sup>(1)</sup></b>	sans carte	3.07	1.06
(échelle des scores de 0 à 4)	carte navigable	2.92	.99

(1) Recherche d'information

### ▪ Les connaissances initiales sur le thème dont traitait l'hypertexte

Avant de comparer les moyennes entre les deux groupes, nous avons examiné la normalité de la distribution des données. Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement étaient compris entre  $-1.5$  et  $+1.5$ . Alors que le test était noté sur 3, le score moyen était très faible voire quasiment nul, pour le groupe « sans carte » ( $M = .39$  ;  $ET = .43$ ) comme pour le groupe « carte navigable » ( $M = .56$  ;  $ET = .61$ ). Les élèves avaient donc très peu de connaissances initiales. Les graphes montraient, en effet, une distribution asymétrique des données décalée vers la gauche de la médiane (effet plancher). Ainsi, il n'était pas possible de réaliser un test paramétrique (test de Student), pour tester l'équivalence des groupes. Le test non paramétrique Mann-Whitney a donc été utilisé. Il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes,  $U = 714$ ,  $p = .30$ , au niveau des connaissances initiales.

### ▪ Les habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé

Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement étaient compris entre  $-1.5$  et  $+1.5$ . Les graphes montraient une distribution normale des données. Le test d'homogénéité des

variances (Levene) n'était pas significatif,  $p = .40$ . Pour tester l'équivalence des groupes, pour cette variable, un test paramétrique était possible. Le test de Student n'était pas significatif,  $t(79) = .64$ ,  $p = .519$ . Donc, les deux groupes étaient équivalents, au niveau des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé. Au-delà de ce test, nous avons réalisé une analyse descriptive des données. Alors que l'évaluation des habiletés initiales était notée sur 4, les moyennes et écarts-types étaient assez élevés pour le groupe « sans carte » ( $M = 3.07$  ;  $ET = 1.06$ ) comme pour le groupe « carte navigable » ( $M = 2.92$  ;  $ET = .99$ ). En somme, le niveau initial de maîtrise des habiletés était plutôt élevé. Cependant, il y avait une assez importante hétérogénéité au sein de l'échantillon étudié. Cela pouvait s'expliquer par le fait que ces habiletés faisaient encore l'objet de séances d'enseignement explicite chez ces élèves-participants de fin d'école primaire (Salmerón et al., 2018).

#### ▪ **Le SEP en lecture documentaire**

Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement étaient compris entre  $- 1.5$  et  $+ 1.5$ . Les graphes montraient une distribution normale des données. Le test d'homogénéité des variances (Levene) n'était pas significatif,  $p = .54$ . Le test paramétrique T de Student n'était pas significatif,  $t(79) = 1.71$ ,  $p = .09$ . Donc, sur les aspects motivationnels testés, les deux groupes étaient équivalents. Au-delà du test des équivalences des groupes, nous avons réalisé une analyse descriptive des données. Alors que l'échelle de mesure allait de 0 à 100, le niveau du sentiment d'efficacité personnelle en lecture documentaire était modérément élevé pour le groupe « sans carte » ( $M = 75.2$  ;  $ET = 19.9$ ) comme pour le groupe « carte navigable » ( $M = 66.9$  ;  $ET = 23$ ).

#### ▪ **Les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette et de l'hypertexte (UP et FUP)**

Pour rappel, ces variables ont été exclues des analyses à cause d'un effet plafond et d'un coefficient alpha très faible.

#### ► **Ce qu'il faut retenir à propos du profil initial des élèves selon les groupes**

Les deux groupes étaient équivalents au niveau des habiletés en recherche d'information et du SEP en lecture documentaire. Ces deux types de ressources internes ont été retenus pour les tests des modèles de relations entre les variables.

En moyenne, l'échantillon étudié possédait un assez bon niveau de maîtrise des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé mais avec une dispersion des scores assez importante. Ceci a également été constaté pour le SEP. Ce résultat était cohérent avec les informations données par les enseignant.e.s : ces élèves bénéficiaient d'un enseignement des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé.

Comme prévu, les élèves n'avaient quasiment pas de connaissances initiales sur la consommation d'électricité domestique (acheminement et consommation). Par ailleurs, les échelles de mesure de l'UP et de la FUP avaient une cohérence interne insuffisante. Ainsi, les connaissances initiales et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette n'ont pas été retenues pour les tests des modèles de relations.

## **4.2. Analyse de l'utilisation de la carte navigable**

Avant de tester les hypothèses impliquant la carte navigable, nous avons vérifié que les élèves qui travaillaient en condition « carte navigable » ont effectivement utilisé la carte en question. Le taux d'utilisation de la carte navigable a été calculé pour chaque élève. De plus, chaque historique de navigation a été observé. Les résultats ont montré que 38 élèves parmi les 40 avaient utilisé la carte navigable dès le début de leurs parcours respectifs. Les deux participants qui, au départ, naviguaient via les mots hyperliés intégrés dans les textes et les boutons-retours disponibles dans les nœuds de contenu ont changé de stratégie, respectivement au bout de 4 et 5 pas de navigation (clics). Ensuite, ils ont poursuivi leur parcours en utilisant la carte navigable. Pour l'ensemble, le taux d'utilisation de la carte navigable était très proche du maximum possible ( $M = .96$  ;  $ET = .007$ ). Ce résultat a permis de valider l'hypothèse 1 et donc de poursuivre l'analyse pour tester l'effet de la carte navigable sur les variables dépendantes examinées.

## **4.3. Analyse des effets de la carte navigable et des ressources internes**

Des modèles de régression linéaire multiple ont été testés, avec une stratégie de modélisation globale, successivement pour l'efficacité de la navigation (précision et

économie), les difficultés perçues (effort mental et sentiment de désorientation) et, enfin, pour les performances. Toutes les variables indépendantes ont donc été introduites simultanément, après avoir standardisé les scores. La carte navigable a été entrée dans le modèle en tant que variable catégorielle. Les conditions de guidage ont été codées 0 = « sans carte » et 1 = « avec carte navigable ». Les ressources internes ont été entrées en tant que variables continues. Des termes d'interactions entre les ressources internes et la carte navigable ont été introduits.

- **Effets des ressources internes et de la carte navigable sur l'efficacité de la navigation**

- Effet sur la précision

Le modèle de régression était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .29$ ,  $F(5,75) = 7.72$ ,  $p < .001$ . La carte navigable avait un effet principal positif sur la précision,  $\beta = 2.18$ ,  $t(75) = 3.30$ ,  $p < .001$ . Autrement dit, indépendamment des ressources internes, avec une carte navigable, la navigation était plus précise que sans carte. Cependant, même avec une carte navigable, le taux de précision n'était pas très élevé ( $M = .53$  ;  $ET = .15$ ) par rapport à la condition « sans carte » ( $M = .34$  ;  $ET = .15$ ). Donc, la carte navigable n'aidait pas beaucoup les élèves à localiser les nœuds-cibles et à éviter les nœuds non-cibles. Par ailleurs, les habiletés tendaient à avoir un effet principal positif sur la précision. Mais le test n'était pas significatif,  $\beta = .23$ ,  $t(75) = 1.78$ ,  $p = .07$ . C'était également le cas pour le SEP,  $\beta = .26$ ,  $t(75) = 1.79$ ,  $p = .07$ . Enfin, il n'y avait pas d'interaction significative entre les habiletés et la carte navigable,  $\beta = -.09$ ,  $t(75) = -.51$ ,  $p = .611$ , ni entre le SEP et la carte navigable,  $\beta = -.33$ ,  $t(75) = -1.71$ ,  $p = .09$ .

- Effet sur l'économie

Le modèle de régression testé était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .34$ ,  $F(5,75) = 9.15$ ,  $p < .001$ . Il y avait un effet principal positif de la carte navigable,  $\beta = 1.15$ ,  $t(75) = 6.23$ ,  $p < .001$ . Autrement dit, indépendamment des ressources internes, avec une carte navigable, la navigation était plus économe que sans carte. Cependant, même dans la condition « sans carte », le taux d'économie était plutôt élevé ( $M = .67$  ;  $ET = .17$ ) par rapport à la condition « carte navigable » ( $M = .87$  ;  $ET = .12$ ). Donc, même sans carte, les élèves n'avaient guère eu besoin de rouvrir des nœuds. Concernant les ressources internes, les habiletés tendaient à avoir un effet positif principal sur l'économie,  $\beta = .23$ ,  $t(75) = 1.81$ ,  $p = .07$  mais le test n'était pas significatif. En revanche, le SEP avait un effet principal significatif,  $\beta = .41$ ,  $t(75) = 2.86$ ,  $p$

= .005. Par ailleurs, il y avait une interaction significative entre le SEP et la carte navigable,  $\beta = -.49$ ,  $t(75) = -2.59$ ,  $p = .012$ . L'analyse des effets simples a montré que sans carte, le SEP initial prédisait une navigation plus économe,  $\beta = .38$ ,  $t(38) = 2.56$ ,  $p = .01$ . Par contre, avec une carte navigable, le SEP initial n'avait plus d'effet significatif sur l'économie,  $\beta = -.11$ ,  $t(37) = -.69$ ,  $p = .49$ . Ainsi, comme nous pouvons le voir sur la figure 11, la carte navigable soutenait les élèves ayant un SEP initial faible. Enfin, la carte navigable tendait à interagir avec les habiletés. Mais les tests n'étaient pas significatifs,  $\beta = -.35$ ,  $t(75) = -1.84$ ,  $p = .07$ .

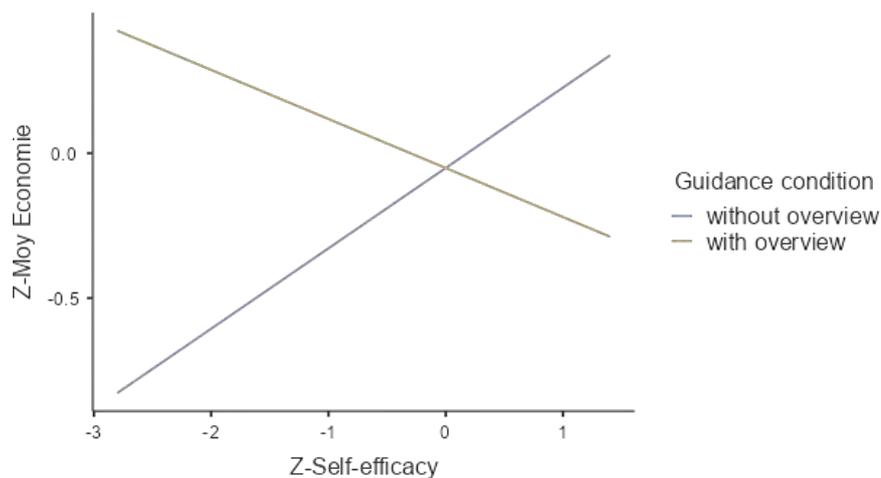


Figure 11 : Effet du SEP initial en lecture documentaire sur l'économie, selon les conditions de guidage

- **Effets des ressources internes et de la carte navigable sur les difficultés perçues**

- Effet sur le sentiment de désorientation

Le modèle de régression était significatif,  $R^2_{corr} = .13$ ,  $F(5,75) = 3.35$ ,  $p = .009$ . La carte navigable avait un effet principal négatif,  $\beta = -.70$ ,  $t(75) = -3.32$ ,  $p = .001$ . Autrement dit, indépendamment des ressources internes, sans carte, le sentiment de désorientation était plus fort ( $M = 5.22$  ;  $ET = 2.99$ ) qu'avec une carte ( $M = 3.52$  ;  $ET = 2.66$ ). Cependant, même dans la condition « sans carte », le sentiment de désorientation évalué sur une échelle de 0 à 10 n'était pas très faible. Concernant les ressources internes, le SEP initial en lecture documentaire avait un effet principal négatif,  $\beta = -.39$ ,  $t(75) = -2.39$ ,  $p = .002$ . Plus le SEP était élevé, plus le sentiment de désorientation était réduit. Les habiletés ne réduisaient pas

le sentiment de désorientation,  $\beta = -.25$ ,  $t(75) = -1.72$ ,  $p = .09$ . Par ailleurs, il n'y avait pas d'interaction significative entre le SEP et la carte navigable,  $\beta = .24$ ,  $t(75) = 1.12$ ,  $p = .26$ , ni entre les habiletés et la carte navigable,  $\beta = .17$ ,  $t(75) = .81$ ,  $p = .42$ .

- Effet sur les perceptions d'effort mental

Le modèle était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .16$ ,  $F(5,75) = 4.21$ ,  $p = .002$ . La carte navigable avait un effet principal négatif,  $\beta = -.68$ ,  $t(75) = -3.29$ ,  $p = .002$ . Autrement dit, indépendamment des ressources internes, les perceptions d'effort mental étaient plus fortes sans carte ( $M = 6.41$  ;  $ET = 2.48$ ) qu'avec une carte navigable ( $M = 4.92$  ;  $ET = 2.77$ ). Concernant les effets des ressources internes, le SEP initial en lecture documentaire avait un effet principal négatif,  $\beta = -.40$ ,  $t(75) = -2.5$ ,  $p = .015$ . Plus le SEP était élevé, plus les perceptions d'effort mental étaient réduites. A cela s'ajoutait un effet principal négatif significatif des habiletés en recherche d'information,  $\beta = -.28$ ,  $t(75) = -2$ ,  $p = .049$ . Autrement dit, plus l'élève avait un niveau de maîtrise des habiletés en recherche d'information élevé, moins il percevait d'effort mental. Toutefois, force a été de constater que test était à la limite du seuil de significativité. Par ailleurs, il n'y avait pas d'interaction significative entre le SEP et la carte navigable,  $\beta = .32$ ,  $t(75) = 1.54$ ,  $p = .12$ , ni entre les habiletés et la carte navigable,  $\beta = -.03$ ,  $t(75) = -.18$ ,  $p = .85$ .

▪ **Effets des ressources internes et de la carte navigable sur les performances**

Le modèle était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .28$ ,  $F(5,75) = 7.33$ ,  $p < .001$ . La carte navigable avait un effet principal positif,  $\beta = .95$ ,  $t(75) = 4.98$ ,  $p < .001$ . C'est-à-dire qu'avec une carte navigable, les performances étaient meilleures ( $M = 2.37$  ;  $ET = .81$ ) que sans carte ( $M = 1.52$  ;  $ET = 1.01$ ). Nous avons même souligné qu'avec une carte navigable, en moyenne, les performances étaient excellentes. Le score moyen était proche du maximum possible (soit 3 points). Concernant les ressources internes, le SEP initial en lecture documentaire avait un effet principal positif,  $\beta = .41$ ,  $t(75) = 2.73$ ,  $p = .008$ . Plus le SEP était élevé, plus les performances étaient bonnes. A cela s'ajoutait un effet principal positif significatif des habiletés en recherche d'information,  $\beta = .44$ ,  $t(75) = 3.35$ ,  $p = .001$ . De plus, il y avait une interaction significative entre le SEP et les conditions de guidage,  $\beta = -.41$ ,  $t(75) = -2.11$ ,  $p = .04$ .

L'analyse des effets simples a montré que le SEP tendait à favoriser les performances, en l'absence de carte navigable,  $\beta = .29$ ,  $t(38) = 1.92$ ,  $p = .06$ . Mais, avec une carte navigable,

l'effet du SEP n'était plus significatif,  $\beta = -.01$ ,  $t(38) = -.062$ ,  $p = .95$ . La carte navigable atténuait l'effet du SEP sur les performances. Autrement dit, comme cela se voit sur la figure 12, la carte navigable avait tendance à soutenir les élèves ayant un SEP faible. Enfin, la carte navigable avait tendance à soutenir les élèves ayant un faible niveau d'habiletés en recherche d'information, mais le test n'était pas significatif,  $\beta = -.35$ ,  $t(75) = -1.84$ ,  $p = .07$ .

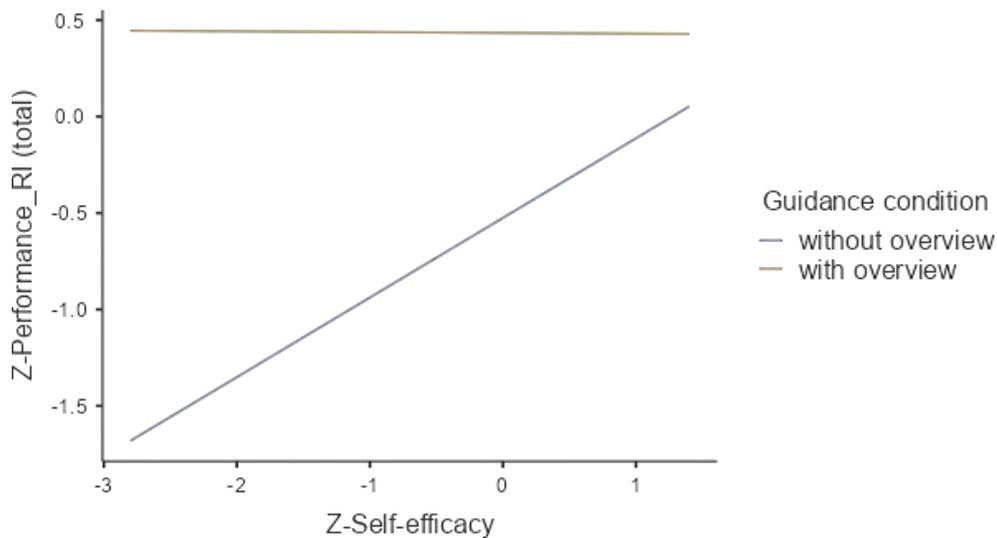


Figure 12 : Effet du SEP initial sur les performances, selon les conditions de guidage

► En conclusion, les analyses de régression linéaire multiple ont montré que la carte navigable avait un effet principal sur toutes les variables dépendantes testées. Cependant, pour toutes les variables dépendantes, il y avait peu d'écart entre les deux conditions de guidage. Par exemple, sans carte, le sentiment de désorientation moyen n'était pas très élevé (5.22 sur 10), le taux d'économie n'était pas très bas (.67 sur 1) et il y avait un faible écart au niveau des performances avec le groupe qui travaillait avec une carte (-.55 point).

Pour mieux comprendre les résultats selon les deux conditions de guidage, nous avons réalisé une analyse qualitative des parcours.

- **Analyse qualitative des stratégies de navigation, selon les deux conditions de guidage**

Cette analyse a été réalisée à partir du fichier de traces de navigation de chaque participant. Seules les traces correspondant à la question 1 ont été retenues, car tous les élèves ont

commencé le travail par cette question. En revanche, la suite du parcours pour répondre aux questions 2 et 3 a pu être influencée par le comportement de navigation pour répondre à la question 1.

Pour rappel, comme le montrent les flèches en pointillé dans la figure 13, pour contraster les conditions de navigation selon les deux conditions de guidage, certains boutons-retours ne permettaient pas à l'élève de remonter dans la structure hiérarchique (c'est-à-dire revenir au nœud précédemment ouvert).

L'analyse qualitative des parcours a montré qu'aucun participant (quelle que soit la condition de guidage) n'a pratiqué une stratégie d'exploration méthodique de tous les nœuds (en suivant la structure hiérarchique, de gauche à droite et de haut en bas) avant de commencer l'activité de recherche d'information. Dès le début du parcours, tous les élèves ont mis en œuvre une stratégie de lecture sélective guidée par l'objectif de trouver les informations pour répondre à la question. Ce résultat était en accord avec la revue de la littérature. En effet, le comportement exploratoire préliminaire à la phase de recherche d'information a été observé seulement chez certains lecteurs expérimentés en lecture-compréhension (Jáñez & Rosales, 2016 ; Salmerón et al., 2015, 2017).

- En condition de guidage « sans carte »

D'après l'expérimentatrice (et conceptrice de la tâche), une stratégie experte consistait à suivre un parcours en trois pas signalés par les flèches vertes dans la figure 13. Sur cette figure, les flèches noires indiquent les possibilités de navigation à partir des mots hyperliés dans chaque nœud. Les flèches en pointillé, indiquent les déplacements imposés en appuyant sur les boutons-retours. Les trois flèches vertes indiquent le parcours expert (selon l'expérimentatrice-conceptrice du matériel de lecture et de la tâche).

Ce parcours expert nécessitait de réaliser des inférences sur le contenu des nœuds subalternes, à partir des hyperliens disponibles dans le nœud ouvert, pour atteindre les deux nœuds-cibles. A la façon de Jáñez et ses collaborateurs (Jáñez & Rosales, 2016), nous avons représenté sous la forme d'un diagramme (figure 14), un parcours représentatif de ceux observés chez les élèves du groupe « sans carte ». Les noms des nœuds de l'hypertexte sont écrits le long de l'axe des ordonnées, selon la structure hiérarchique. La lettre D indique le nœud de départ (« *Introduction* »). La lettre A indique le nœud d'arrivée. A partir du nœud de départ, en condition « sans carte », tous les élèves ont choisi de commencer en cliquant sur le premier hyperlien disponible (« *Lieux de consommation* »). Un élève s'est arrêté là. Les autres ont poursuivi leur parcours en réalisant jusqu'à 35 ouvertures et réouvertures de nœuds, avant de décider d'arrêter la recherche et d'écrire une réponse.

Les élèves ont souvent appuyé sur le bouton-retour. Ceci peut être considéré comme un signe de désorientation (Amadiou et al., 2008), notamment lorsqu'ils venaient de passer par un nœud-cible. Ces élèves ont ouvert plusieurs fois les nœuds-cibles mais ils n'ont pas su les exploiter : peut-être n'ont-ils pas remarqué qu'il s'agissait de nœuds-cibles. Globalement, ces résultats montraient qu'en condition « sans carte », pour répondre à la question 1, les élèves étaient désorientés.

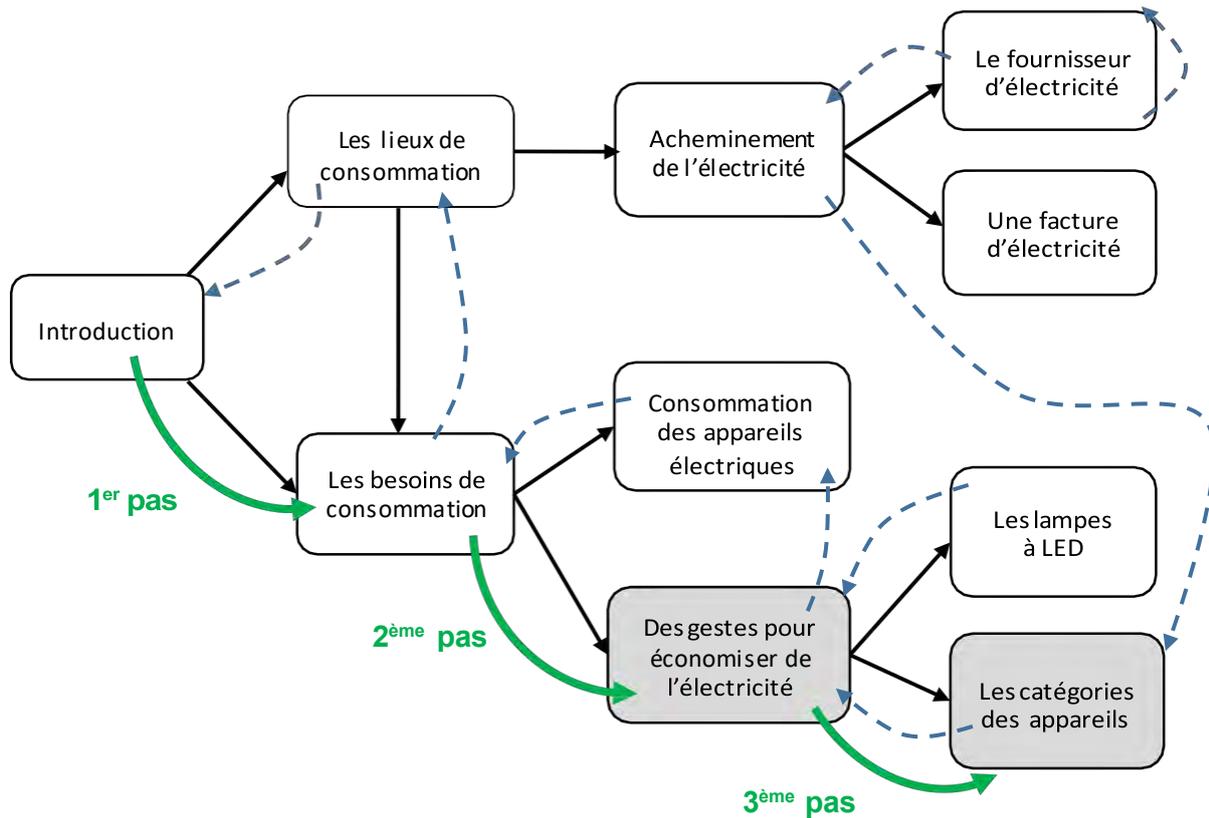


Figure 13 : Le parcours de navigation expert pour répondre à la question 1 (flèches vertes)



- En condition de guidage « carte navigable »

D'après la conceptrice de la tâche (et expérimentatrice), une stratégie experte consistait à utiliser la carte navigable. Les élèves pouvaient, alors, trouver une correspondance lexicale terme à terme entre les mots-clefs de la question « *appareils... catégorie* » et l'étiquette « *Catégorie des appareils* » et accéder directement au premier nœud-cible. Le second nœud-cible était plus difficile à localiser. L'élève devait explorer le contenu des autres nœuds car il n'y avait pas de correspondance terme à terme. Notre travail d'analyse qualitative a permis de distinguer deux comportements caractéristiques :

Comportement 1 : Le premier clic a consisté à ouvrir la carte navigable. Puis, le premier nœud-cible (« *Catégorie des appareils* »), probablement de manière induite par une correspondance lexicale. Alors, ces élèves ont stoppé la navigation et ont répondu à la question sans avoir ouvert le second nœud-cible. Ils ont possiblement réalisé des inférences entre les contenus du premier nœud-cible et leurs propres connaissances. Une autre interprétation serait que la lecture de la carte navigable leur ait apporté des indices pour réaliser des inférences sémantiques nécessaires pour répondre à la question. Ce comportement a été observé chez 21 élèves sur 40 (soit un peu plus de la moitié du groupe).

Comportement 2 : Il correspondait au parcours expert. Il est représenté dans le diagramme ci-après (Figure 15). Le début du parcours était similaire à celui du comportement 1. Puis, via la carte navigable, les élèves ont ouvert d'autres nœuds à proximité du premier nœud-cible dont des nœuds non-cibles. Ils ont fait ceci jusqu'à trouver le second nœud-cible. La carte navigable aurait aidé à organiser cette stratégie « exploratoire », pour localiser le second nœud-cible. Ces élèves ont trouvé le 2<sup>ème</sup> nœud-cible dès le deuxième clic. Pourtant, ils ont poursuivi un peu leur exploration. Enfin, ils ont rouvert les deux nœuds-cibles et ont stoppé leurs parcours. Il est possible que la réouverture des nœuds-cibles corresponde à une stratégie compensatoire d'un partage d'attention entre les deux informations utiles pour répondre à la question situées dans des nœuds différents (intégration).

## Nœuds de l'hypertexte

Les catégories des appareils	♦	♦	A ♦		
Les lampes à LED			♦		
Des gestes pour économiser l'électricité		♦			
La consommation des appareils électriques					
Besoins de consommation					
La facture d'électricité					
Le fournisseur d'électricité					
Acheminement de l'électricité					
Lieux de consommation					
Carte navigable	♦	♦	♦	♦	♦
Introduction		D ♦			

Figure 15 : Graphique de navigation caractéristique du 2<sup>ème</sup> comportement de navigation observé en condition « carte navigable » (parcours expert).

## 5. Discussion et perspectives

### 5.1. Rappel des objectifs de l'étude 1 par rapport aux objectifs de la thèse

Le premier objectif de cette étude était de tester, chez des enfants, l'implication des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé ainsi que l'implication du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire. Le second objectif était d'examiner l'effet d'une carte navigable (c'est-à-dire un aperçu navigable de la structure physique et sémantique du contenu de l'hypertexte) implémentée dans un escamot, dans chaque nœud de contenu de l'hypertexte. D'abord, nous souhaitions vérifier que des enfants de fin d'école primaire utiliseraient spontanément et régulièrement ce type de carte alors qu'elle n'était pas imposée. Ensuite, d'une part, nous souhaitions tester l'effet principal de la carte sur la recherche d'information (la navigation, les difficultés perçues et les performances) et, d'autre part, sur l'acceptation de la tablette et de l'hypertexte pour réaliser une tâche de recherche d'information. Nous souhaitions également tester l'effet modérateur de la carte navigable sur les effets des ressources internes.

## 5.2. Synthèse des principaux résultats de l'étude 1

Dans la figure 16 (infra), nous avons modélisé les principaux résultats de l'étude 1. Ils sont détaillés et discutés ci-après.

### ▪ Résultats quant à l'utilisation de la carte navigable

Comme prévu, l'analyse des traces de navigation a montré que les élèves ont utilisé la carte navigable, de leur propre initiative, régulièrement et tout au long de leur parcours de navigation. Ce résultat a permis de valider l'hypothèse 1. Ce résultat était déjà sous-entendu dans des études antérieures menées chez des enfants (Fesel et al., 2018 ; Salmerón & García, 2012). En collectant les traces de navigation, notre étude a apporté la certitude que les enfants ont effectivement utilisé la carte navigable. De plus, le fait d'avoir implémenté la carte dans un escamot a permis de montrer que l'utilisation de la carte est un comportement volontaire : il fallait faire l'effort d'ouvrir la carte. Or, le fait d'ouvrir la carte occasionnait la fermeture du nœud de contenu affiché à l'écran et, donc, une rupture dans le traitement du contenu.

Enfin, ces résultats ont montré qu'il est possible d'utiliser une carte navigable sur une tablette malgré la petite taille de l'écran. Toutefois, il convient de rappeler que l'hypertexte utilisé dans cette étude était lui-même de petite taille. Ainsi, la carte navigable présentait peu d'informations : il n'y avait pas de problème de lisibilité à l'écran. Les résultats pourraient être différents avec une carte navigable présentant la structure d'un hypertexte de plusieurs dizaines de nœuds. Toutefois, cette question ne concerne guère le contexte de cette thèse car un hypertexte avec un grand nombre de nœuds ne serait pas accessible à des enfants.

### ▪ Résultats quant à l'effet de la carte navigable

Les analyses quantitatives de cette étude ont montré que, comme nous nous y attendions, la carte navigable a permis de soutenir une navigation plus efficace, de réduire les difficultés perçues et de favoriser de meilleures performances. En complément, les analyses qualitatives des parcours de navigation des élèves ont montré de manière très claire qu'au départ du parcours, la carte navigable a aidé les élèves à s'orienter vers les nœuds-cibles et à éviter des nœuds non-cibles. De plus, la navigabilité de la carte a permis d'éviter les ouvertures de nœuds pertinents mais non-cibles (c'est-à-dire des nœuds intermédiaires). Ainsi, la navigation était plus précise et plus économe. Ces résultats vont dans le sens de l'état de l'art (Salmerón & García, 2012 ; Urakami, 2019). Ils ont permis d'élargir les connaissances scientifiques au support « tablette ». Ainsi, globalement, une carte navigable

serait une solution pour soutenir des enfants lorsqu'ils réalisent une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Cependant, force a été de constater qu'il n'y avait guère de différences entre les deux conditions de guidage : notamment au niveau de la qualité de la navigation et des perceptions de difficultés. Concernant la navigation, soit la carte navigable n'a guère amélioré un score plutôt bas sans carte (c'était le cas pour la précision), soit la carte n'a guère amélioré un score déjà élevé sans carte (c'était le cas pour l'économie). Une interprétation serait que les questions que les élèves ont traitées n'étaient pas très compliquées : les nœuds-cibles étaient peu distants les uns des autres et situés dans le même embranchement. Ainsi, sans carte, en cherchant les nœuds-cibles pour répondre à la question 1, les élèves passaient par le nœud-cible correspondant à la question 2. Il en était de même pour répondre à la question 3. Le fait que les liaisons des boutons-retours ne respectaient pas la structure hiérarchique pourrait expliquer le faible taux de précision en condition « sans carte ». Concernant les perceptions de difficultés, les niveaux demeuraient assez élevés malgré la carte. Une interprétation serait que la carte navigable aurait elle-même occasionné des difficultés (Urakami, 2019).

#### ▪ **Résultats quant aux effets des ressources internes**

Nous nous attendions à ce que les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et le SEP en lecture documentaire soutiennent une navigation précise, réduisent les difficultés perçues et favorisent les performances. Nos hypothèses ont été partiellement validées.

##### - Concernant les aspects motivationnels

Comme nous l'avons prévu, le SEP en lecture documentaire a soutenu la navigation et les performances. De plus, il a réduit les difficultés perçues. Ces résultats étaient en accord avec le modèle d'engagement dans la lecture (Guthrie et al., 2012) et les récents ajustements des modèles de la Théorie de la charge cognitive (Sweller et al., 2019). Au-delà de confirmer ces connaissances scientifiques, ces résultats ont montré que les difficultés perçues sont en partie dues aux croyances d'un apprenant quant à sa capacité à réussir une tâche. De plus, comme le SEP initial vis-à-vis de la lecture documentaire a été mesuré en référence à une pratique sur papier alors ces résultats tendaient à indiquer que les apprentissages réalisés sur papier soutiendraient des tâches similaires sur tablette. Pourtant, comme nous l'avons discuté ci-après, un tel transfert n'a pas été observé à propos des habiletés en recherche d'information, lors de la phase de navigation.

## - Concernant les aspects cognitifs

Comme prévu, les habiletés en recherche d'information ont favorisé de meilleures performances. Cette ressource interne a aussi eu tendance à soutenir la navigation mais les tests n'étaient pas significatifs. Elle a réduit les perceptions d'effort mental mais pas le sentiment de désorientation. Ainsi, ces résultats étaient en accord avec l'idée que les habiletés ne prédisent pas systématiquement la navigation, comme cela a déjà été signalé par Naumann et Salmerón (2016). En fait, les habiletés en lecture sur papier sont mobilisées, si la tâche le nécessite. S'il est possible de localiser les informations utiles pour répondre à la question par des stratégies simples alors les habiletés ne sont pas mobilisées. Ceci étant, même si les habiletés n'étaient pas impliquées dans la phase de navigation, une fois que les nœuds étaient localisés, il fallait lire et comprendre le contenu, pour réussir la tâche : d'où l'implication des habiletés pour favoriser les performances. C'est ce qui a dû se passer au cours de la phase de navigation. En effet, globalement, la navigation n'était pas très exigeante : les nœuds-cibles étaient situés dans le même embranchement et l'hypertexte comptait peu de nœuds. De plus, pour deux questions, il se trouvait des correspondances lexicales entre les questions et le contenu des nœuds-cibles.

Néanmoins, deux autres interprétations sont à envisager. La première concerne l'outil d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information sur papier. Nous avons détourné un outil du terrain qui avait été conçu pour l'apprentissage. Ce n'est pas un outil scientifique conçu pour évaluer les habiletés initiales en recherche d'information sur papier. La seconde interprétation se trouverait du côté des enfants. Contrairement aux collégiens (Salmerón et al., 2018), bien que le niveau initial des habiletés des élèves était assez élevé, il est possible que les enfants n'aient pas su transférer leurs habiletés en recherche d'information du document non linéaire imprimé à l'hypertexte, durant la phase de navigation. Ceci soulève la question du potentiel prédictif d'habiletés en recherche d'information acquises lors de situations d'apprentissage sur papier, pour rechercher des informations dans un hypertexte, chez des enfants de fin d'école primaire. Pour répondre à cette question, il faudrait tester les effets des habiletés en contrôlant le support (Salmerón & García, 2012).

### ▪ Résultats quant à l'effet modérateur de la carte navigable

Nous nous attendions à ce que la carte navigable soutienne les élèves ayant peu de ressources internes (les habiletés en recherche d'information sur papier et SEP vis-à-vis de la lecture documentaire). Autrement dit, nous nous attendions à ce que la carte navigable atténue les effets respectifs de ces ressources internes. Cette hypothèse a été partiellement

validée. La carte navigable a effectivement atténué les effets du SEP en lecture documentaire sur les performances et l'économie dans la navigation (et une tendance, à atténuer, l'effet du SEP sur la précision). Mais la carte n'a pas modéré les effets du SEP en lecture documentaire sur les difficultés perçues. De plus, contrairement aux résultats de recherches antérieures (Fesel et al., 2018), la carte navigable n'a modéré aucun effet des ressources cognitives (habiletés). Ces résultats indiqueraient qu'une carte navigable agirait surtout sur les aspects motivationnels. Néanmoins, l'absence de modulation des habiletés pourrait s'expliquer par l'absence d'effet des habiletés.

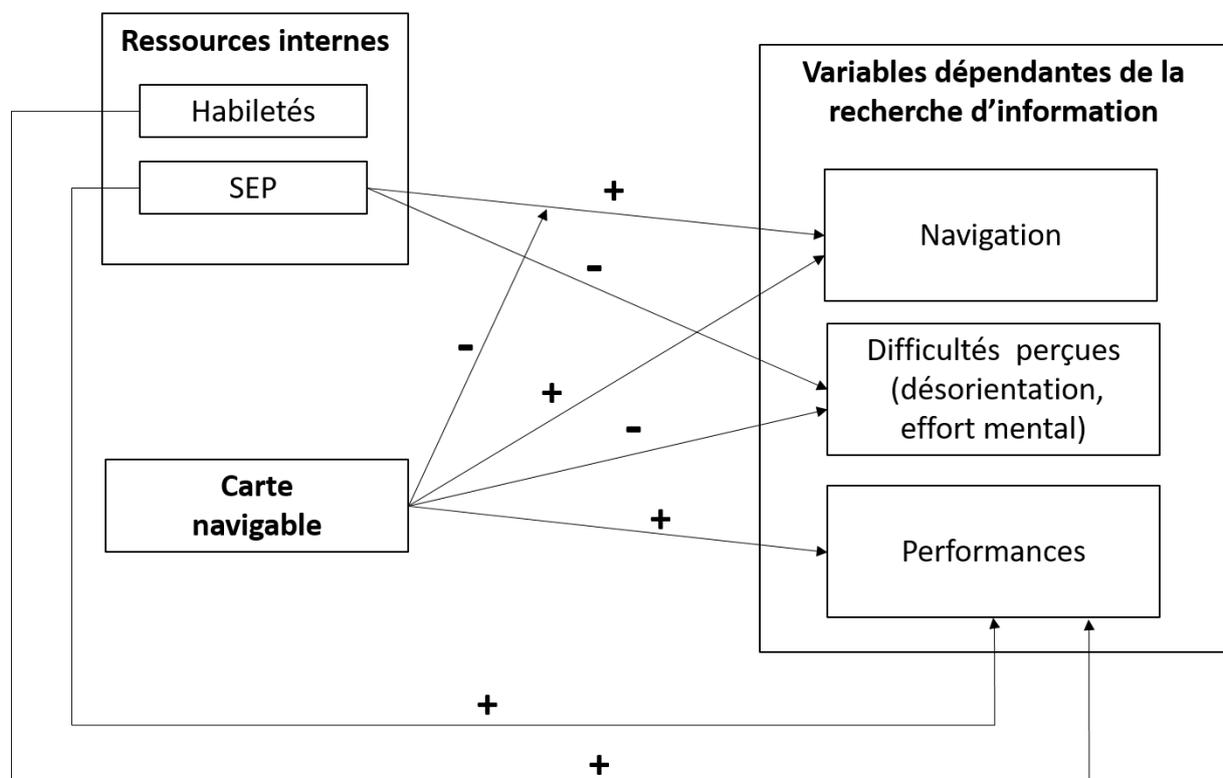


Figure 16 : Modélisation des principaux résultats de l'étude 1.

Nota bene : dans cette modélisation, nous avons omis les résultats à la limite du seuil de significativité.

### **5.3. Les apports de l'étude 1**

Le premier apport de cette étude concerne l'implication des ressources internes. L'étude a montré qu'à la fois des aspects cognitifs et motivationnels sont impliqués dans une activité de recherche d'information dans un hypertexte. Dans la littérature scientifique, les habiletés en lecture sur papier sont reconnues en tant que ressources internes requises en lecture numérique. Notre étude a montré que le SEP en lecture fait aussi partie des ressources internes importantes en lecture numérique. D'ailleurs dans cette étude, le SEP en lecture documentaire déterminait plus de variables dépendantes que les habiletés. Ces résultats vont dans le sens des principes sous-tendus dans le modèle RESOLV (Rouet et al., 2017) et l'évolution de la Théorie de la Charge Cognitive vers l'intégration de facteurs motivationnels (Sweller et al., 2019). Ensuite, toujours à propos de l'implication des ressources internes, à notre connaissance, l'implication des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé n'avait pas encore été examinée.

Le second apport de cette étude concerne l'effet d'une carte navigable. Cette étude s'ajoute à celles qui soutiennent qu'une carte navigable peut aider des enfants à réussir une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. A ce propos, notre étude n'en est pas restée au constat de l'effet de la carte navigable. En effet, grâce à la collecte des traces de navigation, il a été possible d'éclairer l'effet favorable d'une carte navigable, à une étape cruciale de la recherche d'information dans un hypertexte : c'est-à-dire la navigation. La collecte et l'analyse des traces ont permis de prouver que les enfants ont effectivement utilisé spontanément et régulièrement la carte navigable. De plus, l'analyse qualitative a permis de décrire concrètement l'effet de la carte navigable sur les stratégies des jeunes apprenants alors qu'ils étaient en train d'interagir avec l'hypertexte pour rechercher les informations pour répondre aux questions données par l'enseignant.e. Il s'avère que dès le début du parcours, la carte navigable aurait orienté une partie des élèves vers les nœuds-cibles. D'autres élèves auraient utilisé la carte pour explorer l'hypertexte de manière économique (c'est-à-dire ouvrir les nœuds un à un sans les rouvrir). Toutefois, les écarts entre les deux conditions de guidage n'étaient pas importants. Enfin, d'après les résultats des tests d'interactions entre les ressources internes et la carte navigable, la carte navigable modèrerait plutôt les aspects motivationnels.

### **5.4. Les limites et perspectives de l'étude 1**

La première limite concerne les tâches de recherche d'information proposées (questions) et la conception de l'hypertexte. La localisation des nœuds-cibles sur le même embranchement

a pu faciliter l'activité sans carte. Ainsi, une première perspective est de renouveler l'expérience avec des tâches où les nœuds-cibles seraient bien répartis dans l'hypertexte.

La seconde limite concerne les effets des ressources internes. Premièrement, l'outil utilisé pour l'évaluation des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé était un outil du terrain. Sa fiabilité et sa validité n'étaient pas garanties. Comme à notre connaissance, il n'existe pas d'outil scientifique adapté à des enfants de fin d'école primaire, pour évaluer les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et qu'il n'a pas été possible d'entreprendre un travail méthodologique durant cette thèse (pour concevoir un tel outil), il était difficile de lever cette limite. Toutefois, une alternative serait de contrôler les conditions de support en plus des conditions de guidage, de manière à tester les effets des ressources internes (dont les habiletés en recherche d'information dans un hypertexte) sur les difficultés perçues et les performances selon que les élèves recherchent des informations dans un document non linéaire imprimé ou dans un hypertexte, avec et sans carte. Ceci permettrait également de comparer l'exigence d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte par rapport à un document non linéaire imprimé.

Ceci étant, la principale limite de cette étude se situe au niveau de l'impossibilité de tester les effets des ressources internes et de la carte navigable sur les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales des tablettes pour rechercher des informations. En effet, ces variables n'ont pas été introduites dans les modèles de régression linéaire multiple car nous avons des doutes sur la cohérence interne de l'échelle (effet plafond, coefficient alpha très faible). Or, cette limite est une entrave à l'atteinte des objectifs de cette thèse qui s'intéresse à la lecture sur tablette à la fois au niveau de l'efficacité de la recherche d'information et de l'acceptation. Ainsi, nous avons décidé de tenter de lever en priorité cette limite avant d'aller plus en avant dans l'examen des effets des ressources internes et d'une carte navigable : tel est l'objectif principal de l'étude 2.

## **6. Conclusion du chapitre 5**

Cette étude a montré que des enfants de fin d'école primaire utilisent une carte navigable mise à leur disposition, spontanément et régulièrement tout au long de leur parcours. Indépendamment des ressources internes, par rapport à la condition « sans carte », la carte navigable a soutenu la navigation (précision et économie) et les performances. De plus, la carte navigable a réduit les difficultés perçues (sentiment de désorientation et effort mental). Indépendamment de la carte navigable, les habiletés en recherche d'information dans un

document non linéaire imprimé a réduit les difficultés perçues et a augmenté les performances. Le SEP en lecture documentaire était impliqué au niveau de la navigation (pour soutenir) et les difficultés perçues (pour réduire). La carte navigable a modéré les effets du SEP en lecture documentaire sur l'économie (navigation) et les performances. Ainsi, la carte a soutenu les élèves ayant un SEP initial faible. Or, comme la mesure du SEP initial a été réalisée en référence à une condition classique de lecture documentaire (c'est-à-dire sur papier), l'usage du numérique pourrait être une solution pour aider des élèves ayant peu de motivation initiale. Ce résultat montre que dans certains cas, le numérique peut soutenir les apprentissages chez des élèves en difficulté sur papier (Salmerón & García, 2012).

Cependant, les habiletés n'étaient guère impliquées dans les processus cognitifs et les scores n'étaient guère améliorés avec une carte navigable. Ainsi, à ce stade de la thèse, la principale perspective était de tester l'effet des ressources internes et d'une carte navigable en contrôlant l'effet du support (étude 3). Enfin, cette étude n'a pas permis de tester les effets des conditions de guidage sur les qualités instrumentales perçues vis-à-vis des tablettes. Nous avons supposé que l'effet plafond obtenu pour les mesures de qualités instrumentales perçues était dû à des raisons méthodologiques. Ainsi, l'objectif principal de l'étude suivante (étude 2) a été de tenter d'améliorer l'outil de mesure de l'utilité et de la facilité d'usage perçues.

# Chapitre 6 : Etude méthodologique pour améliorer l’outil de mesure des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes (étude 2)

## 1. Objectifs

Les résultats de l’étude 1 ont pointé une limite majeure au regard d’un des objectifs de cette thèse. En effet, au cours de cette étude, il n’a pas été possible de tester, chez les enfants, les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes pour lire un hypertexte : le coefficient alpha de Cronbach était trop faible (très inférieur à 0.7). De plus, nous avons observé une asymétrie de la médiane décalée à droite dans la distribution des données (effet plafond). Pour quasiment tous les items, les tendances centrales étaient extrêmes et positives, quelle que soit la condition de guidage, en pré-test comme en post-test. Le coefficient alpha faible pouvait être dû à un manque de cohérence interne de l’échelle de mesure. Notamment, dû au fait que les items portaient sur plusieurs dimensions : des items interrogeaient les élèves sur leurs perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes (en général), d’autres vis-à-vis des tablettes pour rechercher des informations dans un texte documentaire et encore d’autres vis-à-vis de l’hypertexte pour rechercher des informations, etc. (cf. [annexe 1.F](#), pour la liste des items utilisés lors de l’étude 1). Si tel était le cas, nous pourrions améliorer la cohérence interne en retravaillant le choix des items de manière à les centrer uniquement sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes pour rechercher des informations. Cependant, le coefficient faible pourrait aussi être dû à un manque de sensibilité de l’échelle : ce qui peut se traduire par un effet plafond (Béland & Cousineau, 2018). Or, cet effet plafond pourrait être dû à un biais lié à un phénomène de norme subjective ou de désirabilité sociale. Comme l’expérimentatrice s’était présentée en tant qu’enseignante et comme les enfants savaient que l’équipe pédagogique et leurs parents étaient favorables au développement de l’usage des tablettes en classe, ils ont pu percevoir une pression sociale à se conformer aux choix pédagogiques de l’Ecole. Ainsi, les élèves n’auraient pas voulu prendre le risque de décevoir l’enseignant.e / l’expérimentatrice (Baraudon, Lefranchi, Bastien, & Fleck, 2021). En cas d’effet de normes subjectives, même avec un travail sur la formulation des items de l’échelle de Likert, l’effet plafond persisterait. Pour limiter les biais de désirabilité sociale, une solution serait d’utiliser un outil de mesure implicite. Mais l’utilisation de cet outil pourrait ne pas être adaptée en condition écologique. L’objectif de cette seconde étude était, donc, de préparer un outil de mesure des perceptions de qualités instrumentales fiable et sensible. Pour ce faire, pour

commencer, il a été nécessaire d'approfondir la documentation scientifique : d'une part, à propos des recommandations pour la conception des outils de mesure destinés à des enfants et d'autre part, à propos des outils de mesure qui permettent d'éviter les biais de désirabilité sociale. Ensuite, nous avons conçu et testé deux outils : de nouvelles versions de l'outil de mesure auto-rapportée explicite (Likert) et un outil de mesure implicite.

## **2. Eléments théoriques complémentaires : mesure explicite et mesure implicite des perceptions**

### **2.1. Recommandations pour la conception d'un outil de mesure des perceptions chez des enfants**

Plusieurs biais peuvent limiter la validité et la fiabilité d'une mesure subjective chez les enfants via une échelle de Likert. Le premier est dû aux capacités langagières, d'attention et de mémoire plus limitées chez les enfants que chez les adultes (De Leeuw, 2011). Ainsi, les enfants peuvent donner des réponses décalées par rapport à ce qu'ils pensent parce qu'ils n'ont pas compris les items du questionnaire. Pour limiter ce biais, les items d'un questionnaire doivent être simples, clairs et à la forme affirmative. De plus, il est recommandé d'étiqueter tous les points de l'échelle. Les étiquettes verbales sont mieux comprises que les étiquettes numériques (Bell, 2007 ; Mellor & Moore, 2014). Les étiquettes visuelles donnent aussi de bons résultats. Dans l'idéal, il est préférable de doubler l'étiquette visuelle d'une étiquette verbale (Bell, 2007 ; Kano, Horton et Read, 2010).

Ensuite, quels que soient la méthode et l'outil de mesure, il est recommandé de réaliser un pré-test, si possible en deux temps (Bell, 2007). Le premier temps consiste à réunir un panel d'experts inter-métiers (pas seulement des chercheurs). Le second temps consiste à soumettre l'outil de mesure à un échantillon d'enfants qui réalise, une analyse-critique de l'outil de mesure guidée par le chercheur. En l'occurrence, cela consiste à lire les items aux enfants, à leur demander ce qu'ils ont compris, à les faire reformuler, à leur demander, le cas échéant, comment il vaudrait mieux écrire les items pour qu'ils soient plus faciles à comprendre par des enfants (Bell, 2007 ; Horton, 2013).

Malgré le respect de ces règles générales pour la conception des questionnaires, il peut demeurer des biais liés à la sensibilité des enfants à l'influence sociale des adultes. Ce biais concerne tout outil de mesure explicite. En effet, les enfants sont très enclins à satisfaire l'adulte qui les questionne. Ils peuvent répondre à un questionnaire en fonction de leur

représentation de la réponse attendue par l'adulte et non en fonction de ce qu'ils pensent. Cette pression peut être forte lorsque le sondage porte sur un sujet sensible. Ceci a été observé notamment lors de la mesure des perceptions des enfants quant à l'utilisabilité d'un matériel scolaire (Baraudon et al., 2021). Pour limiter ce biais, les chercheurs peuvent utiliser des méthodes de mesure dites « implicites ».

Après avoir défini les notions de mesure explicite VS implicite, dans le paragraphe suivant, nous avons présenté les différences, avantages et inconvénients entre ces deux types d'outil. Enfin, nous avons développé la méthodologie pour la conception et la passation d'un outil de mesure implicite connu sous l'acronyme TAI, pour Test d'Association Implicite (ou Implicit Association Test / IAT, en Anglais).

## **2.2. Mesure implicite des perceptions**

Une mesure au moyen d'une échelle auto-rapportée est une mesure dite « explicite ». Les répondants connaissent l'objectif du sondage. Au contraire, lors d'une mesure implicite, les répondants ne connaissent pas l'objectif. Ils n'expriment pas directement leurs perceptions. Ils les expriment « malgré eux » par exemple au moyen d'un TAI. Ce test peut être présenté sous une forme ludique. Elle est réalisable avec des enfants dès la maternelle. Il est cependant nécessaire de s'assurer que le vocabulaire utilisé pour réaliser le test d'association est connu. En cas de doute, il est préférable de remplacer les items verbaux par des images (Cvencek, Greenwald, & Meltzoff, 2011).

Pour une documentation détaillée sur les différences entre une mesure explicite et une mesure implicite, voir, par exemple, Blaison, Chassard, Kop, & Gana, 2006 ; Nosek, 2005 ; Nosek, Greenwald, & Banaji, 2005, 2007). Nous avons noté, ci-après, quelques points saillants à retenir :

- Il existe plusieurs modalités de mise en œuvre d'une mesure implicite.
- Pour mesurer des perceptions, un TAI est tout à fait adapté (Uhlmann, Leavitt, Menges, Koopmann, Howe, & Russell, 2012).
- Ce test repose sur le rappel automatique d'informations en mémoire à long terme où les concepts (et les connaissances) sont organisés en réseau. Plus deux concepts et leurs attributs sont associés, plus ils sont rappelés automatiquement ensemble et plus il est possible de les manipuler ensemble sans erreurs et rapidement.

- Il existe des TAI à double critère : par exemple, pour savoir si les sondés préfèrent les fleurs ou les insectes (Cvencek et al., 2011) ou pour connaître leur niveau d'adhésion à un stéréotype de genre (Passolunghi, Rueda Ferreira, & Tomassetto, 2014). Il existe aussi des TAI à simple critère : par exemple, pour mesurer les perceptions vis-à-vis du dopage (Chan, Tee, Lang, Gucciardi, Yung, & Hagger, 2017).
- Enfin, il existe deux modalités : le TAI papier-crayon et le TAI électronique. Le TAI papier-crayon se déroule en temps limité (environ 20 secondes). Pendant ce temps, l'élève doit réussir le plus possible d'associations. Comme le nombre de bonnes associations varie selon les sondés, il n'est pas possible de calculer la cohérence interne d'un TAI papier-crayon (Bardin, Perrissol, Py, Fos, & Souchon, 2016 ; Lemm et al., 2008). Le TAI électronique n'est pas limité dans le temps. Le sondé doit réussir le plus rapidement possible l'ensemble des items. La modalité papier-crayon est moins précise que la modalité électronique mais elle donne une très bonne estimation. De plus, elle présente un excellent rapport bénéfice-coût par rapport à un TAI électronique (Lemm, Lane, Sattler, Khan, & Nosek, 2008).

	<b>Mesure explicite</b>	<b>Mesure implicite</b>
Principe	Collecter l'expression consciente	Collecter l'expression non consciente
Modalité	Mesure basée sur une collecte de données auto-rapportées (échelles de Likert par exemple) ou au cours d'un entretien.	Trois types de tests : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le TAI, test basé sur l'association mémorielle de concepts : utilisé pour mesurer une attitude, un stéréotype, une croyance.</li> <li>- Le test de l'accessibilité mémorielle d'un concept : utilisé pour mesurer un affect, l'estime de soi.</li> <li>- Le test d'interprétation d'une situation : utilisé pour mesurer la motivation, un profil de caractère.</li> </ul>
Limites	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Désirabilité sociale</li> <li>- Théorie de la satisfaction : il arrive que les participants répondent au sondage pour satisfaire l'enquêteur mais ils ne font pas vraiment d'effort pour comprendre les items.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible validité en cas de pauvreté lexicale, culturelle des participants.</li> <li>- Passation assez lourde et coûteuse (organisation matérielle, temps)</li> </ul>

► Compte tenu des contraintes matérielles et organisationnelles de la thèse, l'option d'un TAI électronique a été écartée. Pour cette raison, la suite de ce texte traite exclusivement de la conception d'un TAI papier-crayon. En particulier, nous avons fait le choix d'un TAI simple critère dans le but de mesurer les perceptions de qualité instrumentales vis-à-vis de la tablette.

Un exemple de TAI « papier-crayon, simple critère » proposé par Chan et ses collaborateurs (2017) se trouve en [annexe 2.A](#). Dans cette situation, le but est de mesurer les perceptions vis-à-vis du dopage. Pour ce faire, les auteurs ont établi trois listes d'items :

- Une liste d'items en référence à des objets, idées, lieux, personnes, etc. communément appréciés par les gens (par exemple, bonheur, fête, amour) ;
- Une liste d'items en référence à des objets, idées, lieux, personnes, etc. communément mal-aimés par les gens (par exemple, diable, accident, puer) ;
- Une liste d'items en référence au concept testé : ici, le dopage (par exemple, narcotiques, stupéfiants, stéroïdes).

Ensuite, le TAI « papier-crayon » est présenté sous la forme de deux blocs (A et B). Dans le bloc A, le concept testé (le dopage) est associé à la locution « J'aime ». Dans le bloc B, le concept testé est associé à la locution « Je n'aime pas ». Les items sont placés dans la colonne centrale, avec des répétitions. Lors de la passation, dans un délai de 20 secondes environ (pour un adulte), le participant lit dans l'ordre les items qui se trouvent dans la colonne centrale. Pour le bloc A, il coche à droite, si l'attribut désigne quelque chose « qu'il est communément admis d'aimer » ou quelque chose qui concerne le dopage. Il coche à gauche si l'attribut désigne quelque chose « qu'il est communément admis de ne pas aimer ». Pour le bloc B, c'est l'inverse. Il est recommandé que la présentation des blocs soit contre-balancée. Il est préférable de prévoir un essai préliminaire, pour chaque bloc, avant de faire le test. Il est important de s'assurer que la signification de tous les items et leurs associations soient connues sans ambiguïté de tous les participants. Le nombre d'items et le temps alloué pour réaliser le plus possible d'associations sont fixés de telle façon que le répondant ait le temps de réaliser une grande partie du test sans toutefois le terminer. Comme ces paramètres dépendent du développement cognitif des sondés, il faut les définir lors d'un pré-test. Concernant la présentation, il est recommandé (Lemm et al., 2008) que les items en référence au concept testé apparaissent sur des lignes signalées, par exemple sur fond gris et écrits en lettres capitales, alors que les autres items apparaissent sur une ligne sur fond blanc et écrits en lettres minuscules (voir un exemple de cette présentation, dans

l'article de Bardin et al., 2016). Il existe plusieurs algorithmes de calcul du score (Lemm et al., 2008). Mais l'algorithme qui donne le score le plus proche du TAI informatisé et qui est couramment utilisé dans les études scientifiques est le suivant : considérant que A est le nombre d'items bien associés dans le bloc A (DOPAGE associé à J'AIME) et que B est le nombre d'items bien associés dans le bloc B (DOPAGE associé à JE N'AIME PAS).

- Si  $A > B$ ,  $\text{score} = A/B * \sqrt{|A-B|}$ . La tâche d'association dans le bloc A est mieux réussie que la tâche d'association dans le bloc B car le répondant est plutôt attiré par le dopage. Le score est positif. Cela correspond à une association mémorielle élevée entre « dopage » et « j'aime ». L'individu est plutôt attiré par le dopage.
- Si  $B > A$ ,  $\text{score} = B/A * (-1) * \sqrt{|A-B|}$ . La tâche d'association dans le bloc B est mieux réussie que la tâche d'association dans le bloc A car le répondant est plutôt rebuté par le dopage (association mémorielle élevée entre « dopage » et ses attributs et « je n'aime pas »). A noter que le score est multiplié par -1 afin de maintenir la polarité de l'effet. Le score est négatif. Cela correspond à une association mémorielle élevée entre « dopage » et « je n'aime pas » (autrement dit une association mémorielle faible entre « dopage » et « j'aime »). L'individu est plutôt rebuté par le dopage.
- Si  $A = B$ ,  $\text{score} = 0$ . La tâche d'association dans le bloc A est aussi bien réussie que la tâche d'association dans le bloc B. Les perceptions sont neutres.

### **L'essentiel à retenir quant à l'apport théorique complémentaire**

Un outil de mesure explicite comme une échelle de Likert et un outil de mesure implicite comme un TAI papier-crayon sont utilisables, pour mesurer les perceptions, chez des enfants. La passation d'une mesure explicite auto-rapportée avec une échelle de Likert est moins coûteuse qu'une mesure implicite avec un TAI papier-crayon. Mais une mesure explicite peut être biaisée par un phénomène de désirabilité sociale (l'élève peut croire que l'enseignant.e attend de lui qu'il pense que la tablette est utile et facile à utiliser pour les apprentissages). Un outil de mesure implicite permet d'éviter les phénomènes de désirabilité sociale et il est adapté pour des enfants. Mais, à notre connaissance, aucun TAI permettant de mesurer les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales des tablettes n'est référencé dans la documentation scientifique.

### 3. Hypothèses

Moyennant le respect des recommandations pour la conception d'une échelle de Likert, du fait du jeune âge du public-cible de cette thèse, l'utilisation d'un outil de mesure explicite comme l'échelle de Likert et l'utilisation d'un outil de mesure implicite comme le TAI sont tout à fait réalisables avec des enfants. Ainsi, nous nous attendons à ce que notre nouvelle échelle de Likert (mesure explicite) ait une bonne cohérence interne (H1). Cependant, des phénomènes de désirabilité sociale ont été observés chez des collégiens dans les premiers temps de l'utilisation des tablettes dans les apprentissages (Courtois, Montrieux, De Grove, Raes, De Marez, & Schellens, 2014, in Mulet et al., 2019). A la différence d'une échelle de Likert, un Test d'Association Implicite est censé permettre d'éviter les biais liés aux phénomènes de désirabilité sociale. Ainsi, un TAI devrait être plus sensible qu'une échelle de Likert. Pour les mesures de l'UP et de la FUP réalisées avec l'échelle de Likert, nous nous attendons à ce qu'il n'y ait pas d'effet de la carte navigable tandis que pour les mesures réalisées avec le TAI, il y ait un effet de la carte navigable (H2). Avec le TAI, l'UP et la FUP devraient être plus élevées avec une carte navigable que sans carte (H3).

## 4. Méthode

### 4.1. Les participants

Au total, 120 élèves de CM1 et de CM2 (54 filles et 66 garçons ; âge moyen = 9.8 ans ;  $ET = .41$ ) scolarisés dans les deux mêmes écoles que ceux de l'étude 1 (mais n'ayant pas participé à l'étude 1) ont participé à cette étude. Vingt d'entre eux ont été sélectionnés pour participer au pré-test des outils lors de la phase de conception. Ils étaient issus de la même classe pour limiter les risques de contagions expérimentales entre les groupes selon les conditions expérimentales. Nous avons profité de la demande institutionnelle d'évaluer le point de vue des enfants sur l'utilisation des tablettes un an après l'inauguration du matériel (toujours en lien avec le projet LETACOP), pour réaliser cette étude méthodologique. Pour ne pas influencer les résultats, l'objectif n'a pas été précisé lors de l'information aux parents. Les règles éthiques ont été respectées, comme pour l'étude 1 (participation facultative, inclusion scolaire, anonymat des résultats).

## 4.2. Matériel et procédure

Les outils de mesure explicite et implicite ont été conçus en trois temps, selon les recommandations pour la conception de questionnaires pour les enfants. L'objectif du premier temps était de concevoir les prototypes. L'objectif du second temps était de présenter les prototypes à un panel d'experts inter-métiers (des chercheurs et des enseignants) pour avis, discussion et le cas échéant ajustement. Enfin, lors du troisième temps, nous avons présenté, les versions retenues par les experts, à un échantillon d'enfants, pour avis et ajustement. Pour chaque outil, les différentes phases de conception sont détaillées ci-après.

### ▪ Conception de l'outil de mesure implicite (TAI)

Phase 1 : Conception d'une première version d'un TAI simple critère (c'est-à-dire, la tablette) pour des associations avec « utile / pas utile » (en classe) et « facile / pas facile » (à utiliser). Conformément à l'état de l'art, les items relatifs à la tablette ont été écrits en lettres capitales et sur fond gris. Les autres items ont été écrits en lettres minuscules et sur fond blanc.

<b>Des mots-attributs de « tablette »</b>	TABLETTE, NUMERIQUE, APPLICATION, IPAD, ECRAN, INTERNET, HYPERMEDIA
<b>Des objets utiles en classe</b>	cahier, livre, ardoise, surligneur, stylo, colle, ciseaux, gomme
<b>Des objets qui ne sont pas utiles en classe</b>	parasol, biberon, parfum, lit, tracteur, bateau, train, parapluie
<b>Des objets faciles à utiliser</b>	ballon, feutre, brosse, pinceau, jouet, télévision, aimant, fourchette
<b>Des objets difficiles à utiliser</b>	voiture, avion, fer à repasser, parachute, machine à coudre, moto

Phase 2 : Des enseignant.e.s et un chercheur ayant participé à des travaux de conception d'un TAI « papier et crayon » ont validé les items. Cependant, ils ont recommandé de commencer la passation par un exercice de catégorisation des mots avec des étiquettes déplaçables pour s'assurer que tous les élèves connaissent bien les associations attendues. Puis, d'enchaîner avec l'entraînement et enfin le test, comme cela est prévu dans la littérature scientifique.

Phase 3 : Pré-test avec un échantillon de 20 d'élèves. Le TAI leur a été présenté comme étant un jeu de mots. Les élèves ont réalisé le « jeu ». Ils l'ont trouvé « un peu amusant ». Ils ont proposé des changements d'items :

- Pour les mots de la catégorie « *tablette* » : ils ont proposé de supprimer le mot « *hypermédia* » (« parce qu'il n'y en a pas toujours dans une tablette ») et d'ajouter les mots « *connexion* », « *wifi* » et « *tactile* ».
- Pour les mots de la catégorie « *difficile* » : des filles de CM2 ont dit que le fer à repasser est facile à utiliser (elles l'utilisent à la maison pour aider leur maman). De même, des garçons ont dit qu'il est facile d'utiliser une tondeuse. Les items ont donc été modifiés pour éviter le plus possible les stéréotypes de genre. Les filles et garçons ont proposé de remplacer « *fer à repasser* » et « *tondeuse* » respectivement par « *moto* » et « *tronçonneuse* ».
- Pour les mots de la famille « facile » : des élèves ont dit qu'il est difficile d'utiliser une fourchette (ils se font gronder à table parce qu'ils tiennent mal la fourchette). Ils ont proposé de le remplacer par le mot « cuillère ».

Ces modifications ont été intégrées dans la version définitive. Le temps alloué pour associer les items a été réglé à 35 secondes : ce qui permettait d'associer une grande partie des items mais pas tous.

#### ▪ **Conception de l'outil de mesure explicite (échelle de Likert)**

Phase 1 : Les items ont été choisis de manière à cibler l'avis des enfants sur l'utilité et la facilité d'usage perçues vis-à-vis de la tablette pour réaliser des exercices de recherche d'information. Pour éviter les formulations trop longues, un texte introductif présentait les objectifs du questionnaire, notamment les perceptions en référence à la tâche. La formulation des items était simple et à la forme affirmative (par exemple, « La tablette est facile à utiliser. »). Les étiquettes numériques et l'échelle unipolaire de l'étude 1 ont été remplacées par des échelles bipolaires avec des étiquettes à double-codage : visuel et verbal du type « Thumbs-up scale » plus compréhensibles pour des enfants (Kano et al., 2010). Pour répondre, l'élève avait cinq choix possibles. Il entourait l'item qui correspondait le mieux à son degré d'accord avec l'item.

Phase 2 : Le questionnaire a été approuvé par le panel d'experts, avec une recommandation : introduire des adverbes de quantité et de temps (par exemple, « *très* », « *toujours* ») pour intensifier la force des items. Ainsi, les enfants devraient répondre plus

modérément. Par exemple, l'item « *La tablette est facile à utiliser.* » a été reformulé en « *La tablette est très facile à utiliser.* ».

Phase 3 : Présentation du questionnaire aux mêmes élèves qui ont testé le TAI. Ils ont été répartis en petits groupes. Dans chaque groupe, les élèves ont testé l'outil avec l'objectif de repérer, le cas échéant, des problèmes dans la passation. L'expérimentatrice a conduit un court entretien semi-dirigé pour chaque item :

*« - Avec tes propres mots, peux-tu nous dire ce que cette phrase veut dire ?  
Dans cette phrase, y a-t-il des mots que tu ne comprends pas ? Si oui, lesquels ?  
Comment dirais-tu cette phrase avec tes propres mots ?  
Et, les images : à quel point trouves-tu qu'elles t'aident à répondre ? »*

Une observatrice (enseignante) était présente pour prendre des notes. Il n'y a pas eu de remarque ou de suggestion de modification. Les reformulations montraient que les élèves avaient tout à fait compris les items et comment répondre au questionnaire. En tout, la séance a duré environ 20 minutes pour chaque sous-groupe.



Figure 17 : Extrait de l'échelle de Likert bipolaire testée pour la mesure explicite de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette

La « tablette » et ses attributs associés au qualificatif « utile »

Au total, le bloc comptait 29 items (dont 15 en référence à la tablette). Les items en référence à la tablette étaient notés sur fond gris et écrits en lettres capitales. Les autres items étaient notés sur fond blanc et écrits en lettres minuscules.

Boutons à cocher, de part et d'autre des items. Dans ce bloc (A), il était attendu que l'élève coche le bouton à gauche, si l'item était en référence à la tablette et à droite pour les autres items. C'était l'inverse dans le bloc B.

TABLETTE		
ou		
objet utile en classe		objet pas utile en classe
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parapluie	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ciseaux	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	APPLICATION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ardoise	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	lit	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stylo	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	cahier	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	bateau	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	colle	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	INTERNET	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	biberon	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	tracteur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parasol	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ciseaux	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	lit	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	gomme	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>

Figure 18 : Extrait du Test d'Association Implicite (bloc A) retenu à l'issue de la phase de pré-test, pour la mesure implicite de l'UP et de la FUP vis-à-vis de la tablette

▪ **Phase-test des outils de mesure explicite et de mesure implicite, en manipulant les conditions de guidage**

La phase-test a concerné 100 élèves (autres que les 20 élèves ayant participé à la phase de pré-test). Elle s'est déroulée en petits groupes de 12 à 13 élèves. Une mesure initiale des perceptions des enfants vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette a d'abord été réalisée avec le TAI. Selon les recommandations pour la passation d'un TAI, l'objectif n'a pas été indiqué aux enfants (ni l'objectif méthodologique de cette étude, ni l'objectif d'évaluer les perceptions vis-à-vis des tablettes). Nous n'avons pas fait allusion à la passation d'un test. Les expérimentatrices ont indiqué qu'il s'agissait d'un jeu de mots. Préalablement, pour s'assurer que les enfants n'auraient pas de problème de lecture ou de compréhension dans l'utilisation du matériel, les élèves ont lu et catégorisé une partie des items avec des étiquettes déplaçables. Puis, ils ont réalisé un entraînement et le test avec le Test d'association implicite « TABLETTE // utile / pas utile ». Enfin, ils ont réalisé l'entraînement et le test « TABLETTE // facile/ pas facile ». Lors de la passation, l'ordre des blocs « utile / pas utile » et « facile / pas facile » a été contre-balancé. Après le TAI, les élèves ont répondu au questionnaire de mesure explicite. Cette fois-ci, l'objectif du sondage a été indiqué. L'expérimentatrice a lu des items.

Une semaine après, les élèves ont été répartis en deux groupes, pour faire un exercice de recherche d'information dans un hypertexte traitant de la consommation d'électricité (le même que celui utilisé pour la phase de familiarisation de l'étude 1), selon deux conditions de guidage (sans carte VS avec carte navigable). Afin de limiter les biais liés au type de question, toutes les questions sous-tendaient un processus de localisation d'une information explicitement notée dans un nœud.

- *Qu'est-ce qu'une source d'énergie renouvelable (donne la définition notée dans l'hypertexte) ?*
- *Comment s'appelle la source d'énergie utilisée pour le fonctionnement d'une centrale thermique nucléaire ?*
- *Dans le fonctionnement d'une centrale hydraulique, à quoi sert l'eau ?*

De plus, il y avait une correspondance lexicale terme à terme entre la question et un mot-clef présent dans la carte navigable. Ainsi, les élèves du groupe « carte navigable » étaient nettement avantagés par rapport à ceux du groupe « sans carte ». En effet, ces derniers pouvaient localiser et accéder en un clic au nœud pertinent via la carte navigable. Par

contre, les élèves du groupe « sans carte » n'avaient aucun repère pour localiser les informations pertinentes (hormis les titres des nœuds et les hyperliens dans les nœuds de contenu). La passation s'est déroulée par sous-groupes de 4 à 6 élèves. Pour éviter les biais de contamination, les deux groupes ont travaillé à des moments différents. Pour chaque sous-groupe, nous avons organisé une phase de présentation et de familiarisation avec le matériel de lecture, selon la condition de guidage assignée à chaque groupe. Durant cette phase et de nouveau avant de commencer la tâche, pour les élèves qui travaillaient en condition « carte navigable », nous avons vivement recommandé d'utiliser la carte. Puis, les élèves ont réalisé la tâche-test de recherche d'information. Afin de contraster encore plus les deux conditions, la passation de la tâche-test s'est déroulée sous temps contraint. Les élèves ont écrit leurs réponses sur feuille. Il n'y avait pas de correction des réponses entre deux questions. Cette phase a duré environ 45 minutes par sous-groupe. Les solutions techniques de diffusion de l'hypertexte sur les tablettes étaient les mêmes que pour l'étude 1 (via serveur local MAMP). Les traces de navigation n'ont pas été collectées.

Après la tâche, les perceptions des élèves vis-à-vis des tablettes ont de nouveau été évaluées : d'abord avec l'échelle de Likert puis avec le TAI.

Entre la passation et l'analyse des résultats, les fiches-réponses du TAI ont été traitées. Les bonnes associations ont été comptées « manuellement » pour les blocs A et B, pour la FUP et l'UP. Le score de chaque participant a été calculé selon les formules présentées précédemment parmi les éléments théoriques complémentaires, en les adaptant à notre situation de recherche. A savoir, par exemple à propos du TAI entre la tablette et la perception d'utilité :

- Si  $A > B$ , score =  $A/B * \sqrt{|A-B|}$ . La tâche d'association dans le bloc A est mieux réussie que la tâche d'association dans le bloc B. Le score est positif. Cela correspond à une association mémorielle élevée entre « la tablette » et « utile ». Donc, le répondant pense que la tablette est plutôt utile.
- Si  $B > A$ , score =  $B/A * (-1) * \sqrt{|A-B|}$ . La tâche d'association dans le bloc B est mieux réussie que la tâche d'association dans le bloc A. Le score est négatif. Cela correspond à une association mémorielle élevée entre « la tablette » et « inutile ». Donc, le répondant pense que la tablette est plutôt inutile.
- Si  $A = B$ , score = 0. La tâche d'association dans le bloc A est aussi bien réussie que la tâche d'association dans le bloc B. Donc, les perceptions sont neutres.

## 5. Résultats

### 5.1. Effectifs des élèves ayant participé au test

Les données de 31 élèves ont été exclues, soit parce que les élèves n'ont pas participé aux deux temps de mesure, soit parce qu'ils n'ont pas complètement répondu aux questionnaires. In fine, les analyses ont porté sur 69 élèves : 34 dans le groupe « sans carte » et 35 dans le groupe « carte navigable ».

### 5.2. Analyse des données initiales (pré-tâche), selon les conditions de guidage et les outils de mesure utilisés

- **Evaluation de la cohérence interne de l'échelle de Likert**

Pour les raisons énoncées dans les éléments théoriques présentés dans la première partie de ce chapitre, il n'a pas été possible de mesurer la cohérence interne du TAI papier-crayon. En revanche, le coefficient alpha a été calculé pour les variables correspondant aux mesures explicites. Pour les items de l'UP, le coefficient alpha de Cronbach était supérieur à .7 ( $\alpha = .78$ ) et pour les items d'évaluation de la FUP, il atteignait tout juste le seuil du coefficient alpha ( $\alpha = .68$ ). Ainsi, cette nouvelle échelle de Likert présentait une cohérence interne satisfaisante, pour réaliser une mesure explicite des perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales.

- **Tests des équivalences de groupes, selon l'outil de mesure utilisé**

Les moyennes et écarts-types, des mesures initiales explicites et implicites de l'UP et de la FUP selon les conditions de guidage, sont synthétisés dans le tableau 2 (ci-après).

Pour tester les équivalences des groupes, les scores des variables ont été centrés et réduits (score Z). Puis, un test d'Anova, à mesures répétées avec un plan mixte a été réalisé. L'outil de mesure a été entré en tant que variable manipulée en intra-sujets (mesures répétées). Les conditions de guidage ont été entrées en tant que variables catégorielles inter-sujets.

Les résultats ont montré que pour l'UP, il n'y avait pas de différence significative, selon l'outil de mesure,  $F(1,67) = 0, p = .99$ , ni selon les conditions de guidage,  $F(1,67) = .42, p = .51$ . De

plus, il n'y avait pas d'interaction significative entre l'outil de mesure et les conditions de guidage,  $F(1,67) = .09$ ,  $p = .76$ .

Tableau 2 : Statistiques descriptives des perceptions de qualités instrumentales, selon les outils de mesure utilisés et les conditions de guidage (mesures initiales)

	<b>Condition</b>	<b>Moyenne</b>	<b>E-T</b>
UP explicite (de - 2 à + 2)	Carte carte	.80	.56
	Carte navigable	.75	.86
FUP explicite (de - 2 à + 2)	Carte carte	.99	.47
	Carte navigable	1.13	.49
UP implicite	Carte carte	2.17	4.14
	Carte navigable	1.59	2.83
FUP implicite	Carte carte	1.54	5.51
	Carte navigable	1.22	2.71

Pour la FUP, il n'y avait pas non plus de différence significative : ni selon l'outil de mesure,  $F(1,67) = 0$ ,  $p = .98$ , ni selon les conditions de guidage,  $F(1,67) = .48$ ,  $p = .48$ . De plus, il n'y avait pas d'interaction significative entre l'outil de mesure et les conditions de guidage,  $F(1,67) = .84$ ,  $p = .36$ . Donc, avant la tâche, les deux groupes avaient des niveaux de perception (l'UP et FUP) équivalents. L'outil de mesure n'a pas impacté la mesure des perceptions initiales.

L'analyse descriptive des mesures explicites indiquait que quelles que soient les conditions de guidage, en moyenne, l'UP et la FUP étaient proches de 1. Ainsi, dans l'ensemble, a priori, les enfants percevaient que la tablette était plutôt utile et facile à utiliser pour rechercher des informations dans un hypertexte. Les statistiques descriptives des données collectées avec le TAI allaient dans le même sens car les scores moyens étaient positifs. Ceci signifiait que les perceptions vis-à-vis des tablettes étaient plutôt favorables.

### 5.3. Analyse des données collectées en post-tâche, selon les conditions de guidage et les outils de mesure

- **Au niveau des performances en recherche d'information dans un hypertexte**

Comme prévu, tous les élèves du groupe « carte navigable » ont trouvé toutes les réponses attendues, malgré le temps contraint. Au contraire, les élèves du groupe « sans carte » ont obtenu des scores de réussite très faibles (souvent ils n'ont pas répondu à la question). Les différences de performances, entre les deux conditions étaient très marquées,  $F(1,67) = 556$ ,  $p < .001$ . Les deux conditions de guidage ont permis de fortement contraster les performances entre les deux groupes. Les élèves du groupe « carte navigable » étaient en condition de réussite par rapport au groupe « sans carte ».

Tableau 3 : Performances des élèves selon les conditions de guidage (sur 3)

Condition	Moyenne	E-T
sans carte	.56	.61
carte navigable	3	0

- **Comparaison des mesures des perceptions de qualités instrumentales selon les outils (mesure après la tâche de recherche d'information)**

Les moyennes et les écarts-types des mesures explicites et implicites de l'UP et de la FUP relevées en post-tâche, selon les conditions de guidage sont synthétisés dans le tableau 4.

Pour tester les effets de l'outil de mesure (implicite VS explicite) et les conditions de guidage sur les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales, les scores des variables dépendantes ont été centrés et réduits (score z). Puis, un test d'Anova, à mesures répétées avec un plan mixte a été réalisé. L'outil de mesure a été entré en tant que variable indépendante manipulée en intra-sujets (mesures répétées). Les conditions de guidage ont été entrées en tant que variables catégorielles inter-sujets.

Tableau 4 : Statistiques descriptives des perceptions de qualités instrumentales, selon les outils de mesure utilisés et les conditions de guidage (post-tâche)

	Condition	Moyenne	E-T
UP explicite (de - 2 à + 2)	sans carte	.116	.98
	carte navigable	- .112	.95
UP implicite (de - 2 à + 2)	sans carte	.78	4.36
	carte navigable	.22	3.84
FUP explicite	sans carte	.169	.84
	carte navigable	1	.64
FUP implicite	sans carte	- .47	4.22
	carte navigable	1.51	3.53

Concernant l'UP, l'outil de mesure utilisé n'a pas eu d'influence,  $F(1,67) = 0$ ,  $p = .99$ , ni les conditions de guidage,  $F(1,67) = 1.03$ ,  $p = .31$ . Il n'y avait pas d'interaction significative entre l'outil de mesure et les conditions de guidage,  $F(1,67) = .09$ ,  $p = .75$ . Comme nous pouvons le lire dans le tableau, quelles que soient les conditions de guidage, en moyenne, l'UP était plutôt proche de 0. Ces résultats indiquaient une perception neutre.

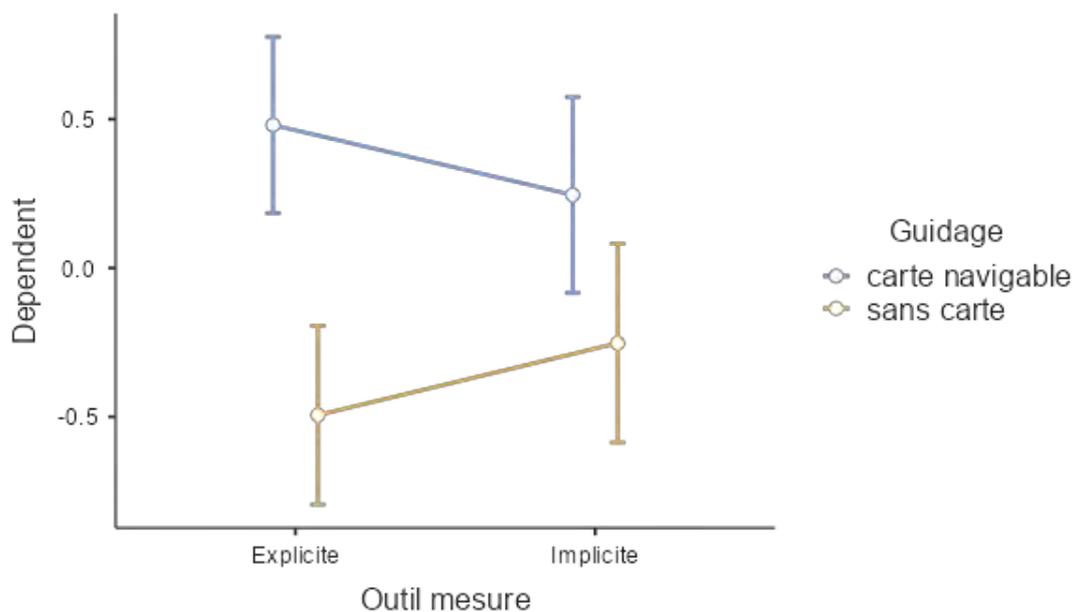


Figure 19 : FUP en post-tâche selon l'outil de mesure et les conditions de guidage

Concernant la FUP, l'outil de mesure utilisé n'a pas eu d'influence,  $F(1,67) = 0, p = .97$ . En revanche, les conditions de guidage avait un effet significatif,  $F(1,67) = 16.8, p < .001, \eta^2 = .14$ . Il n'y avait pas d'interaction significative entre l'outil de mesure et les conditions de guidage,  $F(1,67) = 3.22, p = .07$ . Autrement dit, comme nous pouvons le voir sur la figure 19, avec une carte navigable, en moyenne, les élèves pensaient que la tablette était plutôt facile à utiliser alors que sans carte, leurs perceptions étaient neutres. Les mesures implicites allaient dans le même sens que les mesures explicites.

## **6. Discussion et perspectives**

### **6.1. Rappel des objectifs et hypothèses de l'étude 2**

Lors de l'étude 1, les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette ont été mesurées avec un outil de mesure explicite (échelle de Likert). Ces variables n'avaient pas pu être intégrées dans les modèles de régression linéaire multiple à cause d'un problème de cohérence interne et d'un effet plafond.

Cette étude 2 avait pour objectif de concevoir un outil de mesure plus sensible et avec une meilleure cohérence interne. Pour atteindre cet objectif, deux nouveaux outils ont été conçus, selon les recommandations des experts du terrain et de la recherche : un outil de mesure implicite et un outil de mesure explicite. Nous avons comparé les mesures de l'UP et de la FUP obtenues avec ces deux outils, en mesure initiale. Ensuite, nous avons testé ces deux outils de mesure dans une situation expérimentale similaire à la première étude de la thèse : tester les conditions de guidage sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations dans un hypertexte. Pour tester la sensibilité des outils, nous avons créé une condition de travail qui, sans ambiguïté, était plus facile avec une carte navigable que sans carte. Pour ce faire, les tâches consistaient localiser des informations explicitement notées dans les nœuds pertinents. De plus, il y avait toujours une correspondance lexicale entre les mots-clefs de la carte navigable et les mots-clefs de la question. Ainsi, moyennant l'utilisation et la lecture de la carte navigable, dans cette condition, les élèves pouvaient aisément localiser les nœuds pertinents (y compris pour les élèves ayant peu de ressources internes).

## 6.2. Synthèse des résultats. Apports et limites

Cette étude a permis de concevoir et tester un nouvel outil de mesure des perceptions de qualités instrumentales chez des enfants vis-à-vis de la tablette : un test d'association implicite. Cette étude a aussi permis d'ajuster une échelle de Likert. La nouvelle échelle présentait une bonne cohérence interne pour la mesure de l'UP comme pour la mesure de la FUP. Finalement, avec les deux outils, les mesures étaient similaires en mesure initiale comme en post-tâche. Comme prévu, la cohérence interne de la nouvelle échelle de Likert était satisfaisante. En revanche, contrairement à nos attentes, il n'y avait pas de différence significative selon les outils de mesure utilisés. Avec une échelle de Likert comme avec un TAI, la carte navigable n'a pas eu d'effet sur l'UP tandis qu'elle a soutenu la FUP.

Cependant, nous avons identifié trois réserves à propos du TAI. Premièrement, lors de la passation, les élèves ont pu être ralentis par des problèmes d'utilisation de l'outil de lecture (malgré le travail d'entraînement préalable) ou d'attention. Deuxièmement, le TAI est beaucoup plus coûteux en temps de préparation, de passation et de traitement des données, par rapport à une échelle de Likert. Troisièmement, il n'est pas possible de tester la cohérence interne d'un TAI.

Pour toutes ces raisons, nous avons conclu qu'il est possible de se passer d'un outil de mesure implicite et qu'il est préférable, dans des conditions expérimentales écologiques, d'utiliser un outil de mesure explicite comme une échelle de Likert. Néanmoins, il serait intéressant d'approfondir les potentialités d'un TAI par rapport à une échelle de Likert. Par exemple, pour lever les limites d'un TAI « papier-crayon », une solution serait de digitaliser le test. En effet, un test électronique devrait lever les lourdeurs dans la passation et le traitement des données. De plus, il est possible de concevoir un test d'association d'images : ce qui lèverait des limites chez les élèves ayant des difficultés en reconnaissance automatique des mots.

Au-delà des aspects méthodologiques, même si ce n'était pas un objectif de cette étude, nous avons relevé deux résultats intéressants à propos des perceptions des enfants selon les conditions de guidage. Premièrement, alors que les tablettes étaient disponibles depuis peu de temps dans les écoles où s'est déroulée cette étude, les perceptions des enfants étaient neutres voire modérément positives. Autrement dit, contrairement aux résultats de travaux antérieurs (Courtois et al., 2014, in Mulet et al., 2019), d'après nos résultats, les perceptions des enfants ne seraient pas sous l'influence de normes subjectives. Deuxièmement, il semblerait que les élèves distinguent les qualités instrumentales vis-à-vis de la FUP et celles vis-à-vis de l'UP. Pour autant, ces résultats quant à une carte navigable

sur la facilité d'usage perçue sont à relativiser. En effet, dans cette étude, la tâche a été choisie pour franchement faciliter le travail des élèves qui travaillaient avec une carte navigable. Il n'est pas certain que la carte navigable soutiendrait la FUP pour des tâches d'intégration ou des tâches où il n'est pas possible de réaliser une correspondance terme à terme entre les mots-clefs de la carte et ceux de la question.

## **7. Conclusion du chapitre 6**

Pour la suite de nos investigations, entre autres sur les effets des conditions de guidage, chez des enfants, sur leurs perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations, nous avons retenu cette nouvelle échelle de Likert. Toutefois, par ailleurs, il serait intéressant d'approfondir cette étude méthodologique au moins dans deux directions. Premièrement, il conviendrait de contrôler la norme subjective pour confirmer que ces outils permettent d'éviter les biais liés aux normes. Deuxièmement, il serait intéressant de concevoir un test d'association implicite électronique pour évaluer l'UP et la FUP. Puis, de renouveler cette étude en testant une échelle de Likert par rapport à une mesure implicite digitalisée.

# Chapitre 7 : Effets de ressources internes, des conditions de support et de guidage (étude 3)

## 1. Objectifs

Au cours de l'étude 1, nous avons examiné l'implication des habiletés en recherche d'information sur papier (document non linéaire), du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire et d'une carte navigable, sur l'efficacité de la navigation, les difficultés perçues et les performances. La carte navigable a soutenu la navigation (précision et économie) et les performances. La carte a aussi réduit les difficultés perçues. Pour autant, bien que les résultats étaient significatifs, au niveau de la qualité de la navigation et des difficultés perçues, il y avait un faible écart entre les deux conditions de guidage (carte navigable VS sans carte). De plus, indépendamment des conditions de guidage, contrairement à nos attentes, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé ont eu un effet limité, dans le sens où elles prédisaient les performances et les perceptions d'effort mental à la limite du seuil de significativité. Elles ne prédisaient pas la navigation (alors que le niveau initial des habiletés était plutôt élevé). L'absence d'implication des habiletés dans la navigation et le faible écart entre, d'une part, les mesures de la navigation et, d'autre part, les difficultés perçues pourraient s'expliquer par le fait que globalement, la tâche était peu exigeante. En effet, pour l'étude 1, les nœuds-cibles se trouvaient sur le même embranchement, un nœud-cible était commun à deux questions et deux questions avaient une correspondance lexicale avec des hyperliens intégrés dans le contenu des nœuds. Ainsi, par exemple, sans carte, en traitant la question 1, les élèves passaient par des nœuds intermédiaires qui étaient les nœuds-cibles de la question 2. Toutefois, il est aussi possible que pour des élèves habitués à rechercher des informations dans un document non linéaire imprimé, la recherche d'information dans un hypertexte ne soit pas si exigeante que ce que nous pensons. Enfin, l'absence d'implication des habiletés dans la navigation pourrait aussi s'expliquer par le fait que ces habiletés ne soient pas transférables du support « papier » au support « tablette » (hypertexte). Donc, un premier objectif de cette étude 3 est de tester de nouveau le potentiel prédictif des habiletés, du SEP et de la carte navigable mais pour des tâches plus exigeantes sur le plan de la navigation. Un deuxième objectif est de tester les effets du support « tablette » par rapport au support papier. Enfin, lors de l'étude 1, nous n'avons pas pu tester l'effet de la carte navigable sur les perceptions des élèves vis-à-vis des qualités instrumentales de la tablette car la cohérence interne de l'échelle de mesure n'était pas satisfaisante. Ainsi, le troisième objectif de cette étude est de

tester, avec le nouvel outil de mesure conçu et validé lors de l'étude 2, l'effet d'une carte navigable sur les perceptions des enfants vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations.

Pour atteindre ces objectifs, cette étude a reposé sur une méthode quasi expérimentale avec un plan factoriel à groupes indépendants permettant de contrôler deux variables indépendantes relatives aux ressources externes, avec chacune deux modalités :

- Les conditions de support  $S = \{S1 \text{ Document non linéaire imprimé, } S2 \text{ Hypertexte lu sur tablette}\}$
- Les conditions de guidage  $C = \{C0 \text{ sans carte, } C1 \text{ avec carte}\}$

Pour simplifier la lecture de ce manuscrit, les conditions de support sont désignées respectivement avec les termes « papier » pour la condition S1 et « tablette » pour la condition S2. Ainsi, quatre groupes indépendants ont été créés. Chacun travaillant dans une condition de design pédagogique particulière : « papier, sans carte », « papier, avec carte imprimée », « tablette, sans carte » et « tablette, avec carte navigable ». Les termes « composant » ou « nœud » sont utilisés pour désigner un document-unique qui constitue respectivement un document non linéaire imprimé ou un hypertexte (dans le sens où ce document-unique est compréhensible en lui-même au sein du document composite).

Pour cette troisième étude, les modèles théoriques mobilisés étaient les mêmes que pour l'étude 1. A savoir, le modèle MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011), car selon les auteurs, il s'adapte à différents supports, et la Théorie de la charge cognitive (Sweller, 1988 ; Sweller et al., 2019). Le modèle des composantes de l'Expérience-Utilisateur (Mahlke, 2008) a également été mobilisé pour analyser les effets des conditions de guidage sur les perceptions des enfants quant aux qualités instrumentales de la tablette.

## 2. Hypothèses

- **Hypothèse 1 : Effets des ressources externes (support et carte).**

Dans la littérature, un hypertexte a souvent été examiné en contraste avec un document linéaire imprimé. Avec ce référentiel, il fait consensus que pour un adulte et a fortiori un enfant, il n'est pas facile de se représenter le volume d'un hypertexte, ni de se représenter les relations physiques et sémantiques au sein d'un hypertexte (Caro Dambreville & Betrancourt, 2015 ; DeStefano & LeFevre, 2007). Ainsi, il n'est pas facile de se repérer, de localiser des nœuds-cibles, de savoir dans quelle « direction » aller pour atteindre un nœud-

cible. En conséquence, un hypertexte occasionne un sentiment de désorientation physique et sémantique (Amadiou et al., 2009). Une navigation « désorientée », dans un hypertexte, occasionne aussi un effort mental important et impacte les processus cognitifs. En conséquence, les performances sont également impactées. Mais qu'en est-il de la recherche d'information dans un hypertexte par rapport à un document non linéaire imprimé ? A l'instar d'un hypertexte, au sein d'un document non linéaire imprimé, l'information est fractionnée (Crinon & Ferone, 2020). Toutefois, un document non linéaire imprimé permet d'avoir une vue de l'ensemble des composants agencés sur le support-papier. Sous réserve de maîtriser les connaissances et stratégies métatextuelles requises, des élèves de fin d'école primaire peuvent mettre en œuvre une stratégie de lecture « descendante » pour localiser les cibles, sans lire l'ensemble du document depuis le début (Ayroles, 2020 ; Potocki et al., 2017). Cependant, en fin d'école primaire, beaucoup d'élèves pratiquent encore une stratégie de lecture cognitivement très coûteuse : c'est-à-dire une stratégie de lecture linéaire du contenu d'un document non linéaire imprimé (Rouet & Coutelet, 2008). Toujours sur papier, pour intégrer des informations pertinentes situées dans deux composants, si la distance n'est pas importante entre ces deux composants, l'élève peut avec son regard, faire des transitions entre les informations à relier (Mason et al., 2013 ; Pouw et al., 2019), à condition d'avoir su les localiser bien entendu. Pour autant, la structure sémantique d'un document non linéaire imprimé est souvent implicite et il est très incertain que des élèves de fin d'école primaire maîtrisent le traitement de ces relations (Bautier et al., 2012 ; Crinon & Ferone, 2020). Cependant, même en possédant des habiletés en recherche d'information, le transfert de ces habiletés du papier au support hypertexte n'est pas aisé, à cause des différences au niveau de mise en forme matérielle. Avec un hypertexte, sur tablette, un seul nœud est visible, à un moment donné. Lorsque l'élève clique sur un hyperlien disponible dans le nœud affiché alors le nouveau nœud correspondant à l'hyperlien s'affiche et le nœud précédent se ferme simultanément. Ainsi, dans le cas d'une question d'intégration, la stratégie de transition oculaire réalisable sur papier n'est pas possible dans un hypertexte. En alternative, l'élève doit mettre en œuvre une stratégie mémorielle (Pouw et al., 2019). Mais cette stratégie pourrait être trop exigeante pour des enfants. Pour ces raisons, indépendamment des habiletés et du SEP, sans carte, sur « tablette » (c'est-à-dire avec un hypertexte), le sentiment de désorientation et la perception d'effort mental devraient être plus forts et les performances moins bonnes que sur « papier » (H1a). Une carte navigable permet d'ouvrir directement chaque nœud. S'il existe une correspondance lexicale terme à terme, alors l'élève peut localiser et accéder directement au nœud-cible. S'il n'y a pas de correspondance lexicale, alors l'élève peut organiser l'ouverture des nœuds jusqu'à trouver le nœud-cible. La carte navigable peut aussi servir de matrice pour mémoriser l'emplacement du contenu de chaque nœud. Elle peut aussi servir de matrice pour intégrer des informations dans sa

mémoire (Nilsson & Mayer, 2002 ; Salmeron & Garcia, 2012). Sur « papier », une carte imprimée montre des étiquettes correspondant aux titres des composants. Les étiquettes sont reliées entre elles selon la structure sémantique du document. Par contre, la carte imprimée n'apporte pas d'information sur la structure physique du document non linéaire imprimé. Elle ne comporte pas le point « Vous êtes ici » et elle n'a pas de fonctionnalité « navigable ». Enfin, la carte imprimée est annexée au document non linéaire imprimé (sur une feuille « volante ») : ceci devrait occasionner un partage d'attention important. Ainsi, une carte imprimée ne devrait pas aider les élèves à localiser les informations. Elle pourrait servir à comprendre la structure sémantique du document imprimé et à mettre les composants en relation. Cependant cette stratégie nécessite un long enseignement explicite sur l'utilisation et la construction de cartes mentales : elle est hors de portée des enfants de fin d'école primaire. Ainsi, sur papier, il ne devrait pas y avoir d'effet de la carte (imprimée) tandis que sur tablette, la carte (navigable) devrait soutenir les élèves. Sur tablette, une carte devrait réduire les difficultés perçues et soutenir les performances (H1b).

- **Hypothèse 2 : Effets des habiletés en recherche d'information et du SEP en lecture documentaire**

Les résultats d'une étude menée chez des collégiens (Llorens Tatay et al., 2011 ; Salmerón et al., 2018) ont montré que les habiletés en recherche d'information soutiennent une navigation précise (un pourcentage élevé de pages pertinentes visitées). Ces chercheurs ont conclu que la recherche d'information dans un hypertexte nécessite des habiletés de base en lecture-compréhension (dont des habiletés en lecture linéaire), et d'autres connaissances et habiletés spécifiques à la recherche d'information (comme les connaissances liées aux indices de structure du contenu) et à la lecture numérique qui ne sont pas couvertes par les habiletés en lecture linéaire. Les résultats d'une étude menée chez des enfants lors d'une activité de recherche d'information dans un document non linéaire imprimé vont dans le même sens (Potocki et al., 2017) : sous réserve qu'ils possèdent des habiletés et connaissances méta-textuelles, des enfants ayant le même âge que le public-cible de cette thèse sont capables de mettre en place une stratégie de lecture sélective s'appuyant sur les indices de structure (titraile). Pour ces raisons, indépendamment des conditions de guidage, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé devraient réduire les difficultés perçues et soutenir les performances à une tâche de recherche d'information « sur papier » (document non linéaire imprimé) et « sur tablette » (hypertexte) (H2a). Le même schéma d'hypothèses devrait concerner l'effet du SEP initial en lecture documentaire (H2b).

- **Hypothèse 3 : Interactions entre les ressources internes et les ressources externes**

Sur tablette, la carte navigable devrait atténuer les effets des ressources internes (H3). Autrement dit, la carte navigable devrait aider en particulier les élèves ayant un niveau initial faible, respectivement en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et au niveau du SEP en lecture documentaire.

- **Hypothèse 4 (pour les groupes qui travaillent sur tablette) : Effets des ressources internes et d'une carte navigable sur les perceptions de qualités instrumentales et sur les performances**

Nous avons repris les mêmes hypothèses que celles de l'étude 1. A savoir, en résumé : une carte navigable devrait soutenir les perceptions des enfants quant aux qualités instrumentales de la tablette pour rechercher des informations (H4a). Les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire devraient soutenir les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette (H4b). Une carte navigable devrait atténuer les effets des habiletés et du sentiment d'efficacité personnelle (H4c).

## **3. Méthode**

### **3.1. Les participants**

Au total, 201 élèves de CM1 et de CM2 (103 filles et 85 garçons) scolarisés dans quatre écoles ont participé à l'expérience (âge moyen = 9.52 ans ;  $ET = .43$ ). Ces écoles faisaient partie de la troisième vague du plan pluriannuel de la commune en partenariat avec l'Education nationale, pour l'équipement en classes mobiles de tablettes iPad dans le premier degré. Comme pour les écoles ayant participé à l'étude 1, les tablettes avaient été livrées peu de temps avant cette étude. Les élèves avaient donc peu d'expérience dans l'utilisation de ce matériel dans un contexte scolaire. Ils ne les avaient jamais utilisées pour réaliser une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. En revanche, ils s'entraînaient régulièrement à la lecture de textes documentaires en sciences et en géographie, à partir de documents simples ou de documents non linéaires imprimés.

Vingt-quatre participants ont été exclus de l'analyse des données en raison de données incomplètes ou de troubles des apprentissages avérés (signalés par l'enseignant.e). Comme pour les études précédentes, les règles déontologiques de la recherche et le code de l'éducation relatif à l'inclusion scolaire ont été respectés.

## 3.2. Matériels

### ▪ Conception des documents utilisés pour les tâches de recherche d'information, selon les conditions de support et de guidage

Dans cette étude nous avons manipulé à la fois les conditions de support et les conditions de guidage. Le groupe qui travaillait en condition « papier, sans carte » disposait seulement d'un document non linéaire imprimé sur une feuille A3. Le groupe qui travaillait en condition « papier, avec carte » disposait du même document que celui en condition « papier, sans carte » auquel était annexée, sur papier libre, une carte imprimée sur une feuille A4. Le groupe qui travaillait en condition « tablette, sans carte » disposait seulement de l'hypertexte. Enfin, le groupe qui travaillait en condition « tablette, avec carte » disposait du même hypertexte qu'en condition « hypertexte, sans carte » dans lequel une carte navigable avait été implémentée (de la même manière que pour l'étude 1).

Quelles que soient les conditions de support et de guidage, pour les quatre groupes, le contenu informationnel était strictement identique. Nous utilisons, dans ce manuscrit, le terme « document simple » pour désigner le contenu d'un composant du document non linéaire, qu'il soit lu sur papier ou sur tablette. Le document non linéaire imprimé comme le document non linéaire hypertextué était composé de 10 documents simples extraits de plusieurs manuels scolaires :

- 4 documents simples présentant seulement des informations linguistiques dont un lexique. L'ensemble comptait 290 mots ;
- 2 documents simples présentant des informations iconiques (des photographies), au-delà des légendes qui les accompagnaient ;
- 3 documents simples présentant un code d'information hétérogène (deux cartes, un diagramme et leurs légendes respectives) ;
- 1 tableau de données à une entrée (données numériques et linguistiques).

Tous ces documents simples traitaient d'un thème inscrit au programme officiel : La France dans le monde, la métropole et les territoires d'outre-mer. Chaque document simple

comportait un titre et parfois, en plus, une légende. Chacun était compréhensible en lui-même. En même temps, certains se complétaient pour apporter au lecteur une information enrichie. Le document simple situé à la racine de la structure hiérarchique était un texte d'introduction. Les quatre documents simples situés en seconde position hiérarchique étaient intitulés respectivement : « Le nombre de pays par continent », « Le modèle à six continents », « La France d'outre-mer » et « LEXIQUE ». Le document simple intitulé « Le modèle à six continents » était lui-même en relations avec trois documents simples situés au 3<sup>ème</sup> niveau hiérarchique : une carte permettant de situer les six continents et un tableau de données indiquant la superficie de chaque continent. Enfin, le document intitulé « La France d'outre-mer » était en relations avec trois documents subalternes : des photos des Terres d'outre-mer et une carte permettant de les situer.

- En condition de support « tablette »

En condition « sans carte », l'élève pouvait progresser en profondeur dans la structure hiérarchique au moyen des hyperliens situés dans les nœuds de contenu. Pour remonter dans la hiérarchie, il fallait utiliser les boutons-retours. Ces boutons permettaient de retourner au nœud immédiatement super-ordonné.

La carte était constituée de 10 étiquettes reliées entre elles par des traits. Les traits représentaient les relations physiques et sémantiques entre les nœuds (c'est-à-dire « les voies de navigation » possibles via les hyperliens et les boutons-retours implémentés dans les nœuds de contenu informationnel). De la même manière que pour l'étude 1, dans chaque nœud, une vignette représentant une vue miniature de la carte se trouvait au-dessus du contenu informationnel. Cette vignette était interactive. Cliquer sur la vignette permettait d'ouvrir la carte en plein écran. Les mots-clefs situés dans les étiquettes étaient alors cliquables. Cliquer sur un hyperlien dans la carte permettait d'ouvrir directement le nœud correspondant.

Comme cela est représenté dans la figure 20 (cf. correspondances lexicales signalées par des encadrés colorés), les hyperliens implémentés dans un nœud de contenu « parent » correspondaient autant que possible, mot pour mot, aux sous-titres respectifs des nœuds « enfants ». De plus, les sous-titres et hyperliens intégrés dans le contenu correspondaient aux mots hyperliés dans la carte. Ainsi, pour le groupe qui travaillait avec une carte navigable, les hyperliens implémentés dans les nœuds de contenu se trouvaient dans la carte.

Dans les deux conditions de guidage, l'hypertexte était lu sur une tablette iPad, selon les modalités techniques identiques à celles présentées dans l'étude 1.

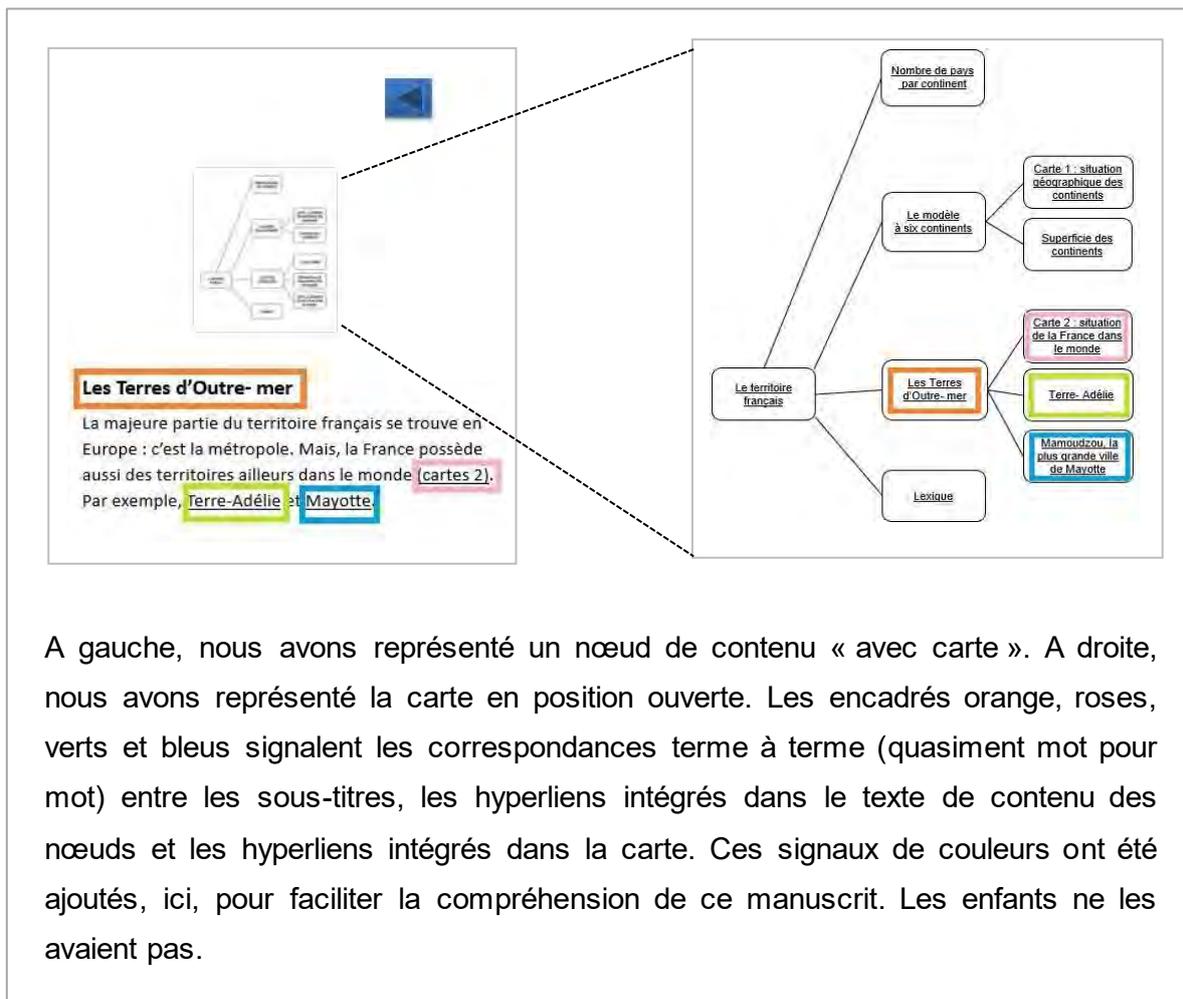


Figure 20 : Correspondances lexicales entre la carte, les sous-titres et les mots hyperliés, dans les textes de contenu

- En condition de support « papier »

Dans la version « sans carte », le document non linéaire imprimé (voir Annexe 3.A) était présenté sur un support papier au format A3 et en orientation paysage. Le titre du document non linéaire se trouvait en haut de la feuille. Les 10 composants étaient agencés dans la feuille de manière à respecter la structure hiérarchique, dans les limites des contraintes de l'espace matériel de la feuille. Le composant « introduction » se trouvait sous le titre. Ensuite, les composants du deuxième niveau hiérarchique se trouvaient lignés sous le titre, de gauche à droite. Enfin, les composants du troisième niveau hiérarchique se trouvaient dans la partie basse de la feuille. Ainsi, les contenus, dans le même embranchement de la structure hiérarchique, étaient regroupés dans une même zone de la feuille. Dans la version « avec carte », les élèves disposaient en plus d'une carte imprimée sur une feuille A4 libre. Le contenu de la carte était identique à celui de la condition « tablette ».

## ▪ Les variables indépendantes (invoquées)

- Le niveau initial des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé

L'outil utilisé lors de l'étude 1, pour l'évaluation du niveau initial des habiletés, n'a pas pu être réutilisé pour cette étude 3. En effet, l'outil de l'étude 1 fait partie de ressources académiques. Il est connu par les enseignant.e.s. Après renseignements, il s'est avéré que des élèves participant à l'étude 3 avaient déjà travaillé avec ce document, en début d'année scolaire, à l'occasion d'activités en français. Ceci a pointé une limite aux travaux de recherche avec des outils au plus proche des pratiques du terrain. Nous avons donc conçu un outil de mesure des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé (cf. [annexe 4](#)). Pour ce faire, nous nous sommes inspirés du matériel de l'évaluation internationale PIRLS 2016 intitulée « *Antarctique : Terre de glace* ». Plusieurs exemples de matériaux des épreuves PIRLS et ePIRLS sont disponibles sur le site de l'université de Liège (2018). L'outil que nous avons conçu comportait des questions sous-tendant des processus de localisation, des processus d'intégration, avec et sans correspondances lexicales entre la question et un indice de structure du document (sous-titres). Plus précisément, voici les items :

- *A quoi les ailes des manchots leur servent-elles ?* (question de localisation avec correspondance lexicale terme à terme).
- *Pourquoi l'Antarctique est un endroit idéal pour l'observation du soleil et des étoiles ?* (question d'intégration avec correspondance lexicale terme à terme).
- *Quel est l'endroit le plus froid de l'Antarctique ?* (question de localisation sans correspondance lexicale).
- *Pourquoi y a-t-il très peu de vie au centre de l'Antarctique ?* (question d'intégration sans correspondance lexicale).

Un point a été attribué pour une réponse correcte. Un demi-point pour une réponse partielle. Nous n'avons pas calculé la cohérence interne de cet outil de mesure des habiletés car il mesurait des dimensions différentes. Nous avons calculé la somme des points pour les quatre items (réponses aux quatre questions). Au maximum, les élèves pouvaient obtenir 4 points.

- Les connaissances initiales sur le thème dont traitait le document utilisé pour évaluer les performances (tâche-test)

Le questionnaire d'évaluation des connaissances initiales contenait les questions de la tâche-test de recherche d'information sur le thème « *Le territoire français dans le monde : la métropole et les Terres d'Outre-mer* ». Comme pour l'étude 1, des questions supplémentaires traitant d'un thème similaire ont été ajoutées pour limiter les risques que les élèves mémorisent les questions et se renseignent sur les réponses entre l'évaluation diagnostique et la tâche-test (par exemple, auprès de leurs parents ou de leurs pairs). Finalement, le questionnaire comportait huit questions ouvertes (dont les trois questions de la tâche-test). Un point a été attribué à chaque réponse correcte, 0,5 point pour une réponse partielle et zéro point pour une réponse erronée ou absence de réponse. La somme des points obtenus pour les quatre items correspondant au test de recherche d'information a été calculée.

- Le sentiment d'efficacité personnelle en lecture documentaire

Le questionnaire était le même que celui de l'étude 1 ([cf. Annexe 1.B](#)). Une mesure initiale a été réalisée avant la mesure des habiletés initiales en lecture. La cohérence interne de l'échelle a été vérifiée avec un test alpha de Cronbach,  $\alpha = .82$ .

#### ▪ Les variables dépendantes

- Les performances en recherche d'information, selon les deux conditions de guidage et les deux conditions de support

Les élèves ont répondu à quatre questions à partir des informations prélevées dans le matériel de lecture présenté précédemment (document sur le thème de la France dans le monde). A la différence des questions de l'étude 1, les exigences cognitives des tâches étaient à la fois équilibrées et plus élevées : deux questions de localisation et deux questions d'intégration, avec ou sans correspondance lexicale entre la question et un indice de structure du document non linéaire imprimé / de l'hypertexte. Les questions sont détaillées dans le tableau, ci-après. Les élèves ont traité les questions une à une. Les réponses des élèves ont fait l'objet d'une double-correction : par l'expérimentatrice et par un étudiant (de licence ou de master) en stage au laboratoire. Chaque correcteur était armé de la grille de correction-type. Après évaluation, les deux correcteurs se sont concertés et ont harmonisé leurs notes, si besoin. Un point a été accordé pour chaque réponse attendue ou équivalente.

Par exemple, à la question « *Pourquoi parle-t-on français à Mamoudzou?* », la réponse attendue (ou un équivalent) était « *Parce que Mamoudzou est une ville de Mayotte et Mayotte est un territoire français* ». Pour les questions d'intégration, la réponse a été considérée comme partielle si l'élève a donné une information qui se trouvait dans un des nœuds-cibles. Par exemple, « *Mamoudzou est une ville de Mayotte* » ou « *Mayotte est un territoire français* ». Ceci signifiait que l'élève avait localisé une des deux informations pertinentes pour répondre à la question ou avait localisé les deux informations mais n'avait pas su les intégrer. Les performances à ce test correspondaient à la somme des points pour les quatre réponses. Ainsi, un élève qui a correctement répondu aux quatre questions a obtenu un maximum de 4 points.

Question	Réponse attendue
1. Sur quel continent se trouve l'Australie?	Question appelant à un processus de localisation. L'information pertinente se trouvait dans le composant/nœud intitulé « <i>Le modèle à six continents</i> ».  Réponse attendue : « l'Océanie ».
2. Combien de pays y a-t-il sur le continent africain?	Question appelant à la localisation d'une information. Il se trouvait une correspondance terme à terme entre la question et un indice de structure avec les termes « <i>nombre de pays</i> ». Pour les élèves qui travaillaient en condition « <i>tablette, avec carte navigable</i> », il était possible de localiser et accéder en un clic au nœud-cible intitulé « <i>Nombre de pays par continent</i> ».  Réponse attendue : « 54 ».
3. Comment se fait-il qu'il y ait toute l'année beaucoup de glace en Terre-Adélie?	Question appelant à l'intégration de trois informations. Il se trouvait une correspondance lexicale entre la question et le titre d'un des composants-cibles « <i>Terre-Adélie</i> ».  Réponse attendue : « <i>Parce que la Terre-Adélie se trouve en Antarctique (Pôle Sud). C'est le continent le plus froid</i> ».

<p>4. Pourquoi parle-t-on français à Mamoudzou?</p>	<p>Question appelant à l'intégration entre deux informations situées dans deux nœuds différents.</p> <p>- 1<sup>er</sup> indice : la légende de la photographie « Mamoudzou : la capitale de Mayotte ».</p> <p>- 2<sup>ème</sup> indice dans la carte 2 : la carte indique que Mayotte fait partie des départements et régions français situés en Outre-mer. Donc, on parle le français à Mayotte.</p> <p>Réponse attendue : Parce que Mamoudzou se trouve à Mayotte et Mayotte est un territoire français ».</p>
---	---

- Les difficultés perçues (sentiment de désorientation et perception d'effort mental)

Ces variables ont été mesurées avec les mêmes outils que pour l'étude 1. La cohérence interne de chaque échelle a été vérifiée avec un test alpha de Cronbach. Pour le sentiment de désorientation,  $\alpha = .85$  et pour la perception d'effort mental,  $\alpha = .78$ .

- Les perceptions de qualités instrumentales (uniquement pour le groupe travaillant en condition « tablette »)

L'échelle de Likert conçue lors de l'étude 2 a été utilisée ici. Les analyses préliminaires ont montré des niveaux de cohérence interne des échelles satisfaisants, respectivement, pour l'UP ( $\alpha = .73$ ) et la FUP ( $\alpha = .78$ ).

### 3.3. Procédure

La procédure a suivi les mêmes principes que pour l'étude 1. Cependant, trois différences sont à noter, par rapport à l'étude 1. Premièrement, après la phase de mesures initiales (habiletés en recherche d'information, connaissances initiales, SEP en lecture documentaire), les classes ont été réparties de manière aléatoire selon les quatre conditions expérimentales. Comme pour l'étude 1, nous avons procédé à une randomisation par grappe. Deuxièmement, les quatre questions de la tâche-test ont été présentées simultanément mais dans un ordre aléatoire (fiche d'exercice « papier-crayon »).

Après la collecte des données, pour les élèves ayant travaillé en condition « tablette », les fichiers de traces de navigation ont été extraits et traités avec le logiciel SQ-Lite, pour obtenir

un fichier de données tabulaires au format .csv. Malheureusement, de nombreux fichiers n'étaient pas exploitables (surtout en condition « sans carte »). Les séquences ne correspondaient pas à des parcours de navigation possibles au vu du design de l'hypertexte. L'ingénieur des études a cherché, en vain, à comprendre les causes. Deux hypothèses ont été émises : la première serait qu'en condition « sans carte », des élèves n'aient pas navigué via les liens intégrés dans les nœuds mais ils auraient « feuilleté » l'hypertexte avec un geste de « flick et drag ». La seconde hypothèse serait que dans cette condition, les élèves aient navigué via les flèches « page précédente » et « page suivante » du navigateur Safari. Quoiqu'il en soit, il n'a pas été possible d'intégrer les données de navigation (logs) dans les analyses statistiques. Pour éviter que ce problème se reproduise lors de prochaines expérimentations, une solution serait de masquer la barre de navigation de Safari avec une bande adhésive noire (par exemple).

## 4. Résultats

Après élimination des données non exploitables de vingt-quatre participants (cf. paragraphe « Participants », supra), les effectifs selon les quatre conditions expérimentales restaient à peu près équilibrés, N = 46 pour le groupe « papier, sans carte », N = 40 pour le groupe « papier, avec carte imprimée », N = 45 pour le groupe « tablette, sans carte » et N = 46 pour le groupe « tablette, avec carte navigable ». Les moyennes et écarts-types des variables relatives aux ressources internes, selon les groupes (mesures initiales) sont présentés dans le tableau 5.

### ▪ Analyse des équivalences des groupes

Lors de l'analyse descriptive, la normalité de la distribution des données a été examinée (coefficients d'asymétrie et d'aplatissement). Pour les mesures initiales du SEP, des habiletés et des connaissances, la distribution des données était normale. Ensuite, les équivalences des groupes pour le SEP initial, les connaissances initiales et les habiletés en recherche d'information ont été testées au moyen d'une AVOVA factorielle à deux facteurs, pour groupes indépendants : les conditions de support et les conditions de guidage ont été entrées simultanément comme variables catégorielles. Pour les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales, les équivalences des groupes ont été testées au moyen d'un test de Student.

Tableau 5 : Moyennes et écarts-types des variables relatives aux ressources internes, selon les groupes (mesures initiales)

	Condition	Moyenne	Ecart-type
Connaissances initiales (échelle des scores de 0 à 4)	papier, sans carte	.86	.74
	papier, avec carte	.57	.48
	tablette, sans carte	.82	.77
	tablette, avec carte	.61	.44
Habilités initiales en RI (échelle des scores de 0 à 4)	papier, sans carte	3.4	1.75
	papier, avec carte	3.09	1.68
	tablette, sans carte	3.61	1.89
	tablette, avec carte	3.55	1.26
SEP en lecture (initial) (échelle de 0 à 100)	papier, sans carte	62.3	21.5
	papier, avec carte	64.5	20.9
	tablette, sans carte	61.2	23.6
	tablette, avec carte	68.4	19.6
UP initial (échelle de - 2 à + 2)	sans carte	.87	.77
	carte navigable	.93	.70
FUP initial (échelle de - 2 à + 2)	sans carte	1.11	.78
	carte navigable	1.16	.71

- Les connaissances initiales sur le thème dont traitait le matériel de mesure des performances

Alors que le test des connaissances initiales était noté sur 4, le niveau des connaissances initiales sur le thème « *Territoires français dans le monde* » était très faible, pour le groupe « papier, sans carte » ( $M = .86$  ;  $ET = .74$ ), pour le groupe « papier, avec carte » ( $M = .57$  ;  $ET = .48$ ), pour le groupe « tablette, sans carte » ( $M = .82$  ;  $ET = .77$ ) et pour le groupe « tablette, avec carte » ( $M = .61$  ;  $ET = .43$ ). Comme nous nous y attendions, du fait des scores très bas (effet plancher), le test d'homogénéité des variances (Levene) était significatif,  $F(3,173) = 3.35$ ,  $p = .02$  et le test de normalité (Shapiro-Wilk) était également significatif,  $W = .886$ ,  $p < .001$ . Ainsi, les prémisses qui autorisent l'utilisation d'un test d'Anova ordinaire n'étaient pas respectées. Nous avons décidé de réaliser un test non paramétrique (Kruskal-Wallis). En variable de groupe, la variable d'interaction entre les conditions de support et les conditions de guidage a été entrée. Le résultat du test n'était pas

significatif,  $X^2(3) = 3.87$ ,  $p = .27$ . Donc, au niveau des connaissances initiales, les quatre groupes étaient équivalents. Néanmoins, cette variable n'a pas été retenue dans les modèles de régression linéaire multiple, à cause de l'effet plancher.

- Les habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé

Pour tous les groupes, les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement étaient compris entre - 1.5 et + 1.5. Ceci a permis d'accepter l'hypothèse d'une distribution normale des données. Les résultats de l'ANOVA ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative, selon les supports,  $F(1,173) = 1.84$ ,  $p = .17$ , ni selon les conditions de guidage,  $F(1,173) = .56$ ,  $p = .45$  et qu'il n'y avait pas d'interaction significative entre les conditions de guidage et de support,  $F(1,173) = .26$ ,  $p = .60$ . Donc, au niveau des habiletés en recherche d'information, les quatre groupes étaient équivalents. Le test était noté sur 4 points. Comme nous pouvons le voir dans le tableau 5, le niveau initial des habiletés en recherche d'information était plutôt élevé pour les quatre groupes (supérieur à 3 points).

- Le SEP initial en lecture documentaire

Les résultats de l'ANOVA ont montré une équivalence des groupes selon les conditions de support  $F(1,173) = .19$ ,  $p = .66$ , les conditions de guidage,  $F(1,173) = 2.11$ ,  $p = .14$  et pour la variable d'interaction entre les conditions de guidage et de support,  $F(1,173) = .58$ ,  $p = .44$ . L'échelle de mesure allait de 0 à 100. Comme nous pouvons le voir dans le tableau 5, le niveau initial du SEP en lecture documentaire était modérément élevé (proche de 60 sur 100).

- Les perceptions initiales de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette (UP et FUP), pour les deux groupes travaillant sur tablette

Pour les deux groupes, les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement (compris entre - 1.5 et + 1.5) permettaient d'accepter l'hypothèse d'une distribution normale des données, pour la FUP comme pour l'UP. Les résultats du test de Student ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative selon les conditions de guidage : ni pour l'UP,  $t(89) = -.38$ ,  $p = .70$ , ni pour la FUP,  $t(89) = -.29$ ,  $p = .76$ . Donc, au niveau de l'UP et de la FUP, les deux groupes qui travaillaient sur tablette étaient équivalents.

- **Effets des ressources internes et des conditions de guidage, sur les difficultés perçues et les performances, selon le support**

Pour les quatre groupes, les moyennes et les écarts-types se trouvent dans le [tableau 6](#).

Nous avons réalisé une régression linéaire multiple pour tester un modèle de relations entre les habiletés, le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire, les conditions de guidage et de support, successivement sur les difficultés perçues (sentiment de désorientation, effort mental) et les performances. Les conditions de guidage et de support ont été rentrées en tant que variables catégorielles inter-sujets. Les variables continues (habiletés et SEP), après avoir centré et réduit les scores, ont été rentrées en tant que covariables. Des termes d'interactions ont été rentrés également. Les variables indépendantes ont été introduites de manière simultanée.

Tableau 6 : Moyennes et écarts-types des variables relatives aux difficultés perçues et aux performances, selon les conditions de support et de guidage

	<b>Condition</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
	papier, sans carte	3.07	4.38
Sentiment de désorientation (échelle de 0 à 10)	papier, avec carte	5.02	2.41
	tablette, sans carte	3.87	2.95
	tablette, avec carte	4.30	2.42
	papier, sans carte	3.30	2.63
Perceptions d'effort mental (échelle de 0 à 10)	papier, avec carte	5.17	3.06
	tablette, sans carte	4.27	2.46
	tablette, avec carte	4.60	2.51
	papier, sans carte	2.38	1.27
Performances	papier, avec carte	1.63	1.12
	tablette, sans carte	1.52	1.30
	tablette, avec carte	2.65	1.13

- Effets sur les difficultés perçues

a) Sentiment de désorientation

Le modèle de régression linéaire multiple était significatif,  $R^2_{corr} = .15$ ,  $F(9,167) = 4.61$ ,  $p < .001$ . Le SEP réduisait le sentiment de désorientation,  $\beta = -.34$ ,  $t(167) = 3.71$ ,  $p < .001$ . Mais

les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé n'avaient aucun effet,  $\beta = .22$ ,  $t(167) = -1.22$ ,  $p = .15$ . Il y avait un effet principal des conditions de guidage,  $\beta = .74$ ,  $t(167) = 3.71$ ,  $p < .001$  mais pas des conditions de support,  $\beta = .33$ ,  $t(167) = 1.72$ ,  $p = .08$ .

Il y avait une interaction, à la limite du seuil de significativité, entre les conditions de support et de guidage,  $\beta = -.54$ ,  $t(167) = -1.94$ ,  $p = .053$ . Sur papier, la carte imprimée renforçait le sentiment de désorientation,  $\beta = .70$ ,  $t(85) = 3.78$ ,  $p < .001$ . Sur tablette, il n'y avait pas de différence significative, selon les conditions de guidage,  $\beta = .21$ ,  $t(85) = 1.01$ ,  $p = .31$ . Sans carte, le sentiment de désorientation tendait à être plus élevé sur tablette que sur papier, mais le test n'était pas significatif,  $\beta = .33$ ,  $t(85) = 1.76$ ,  $p = .08$ .

Il n'y avait pas d'interaction significative entre les habiletés et les conditions de guidage,  $\beta = .09$ ,  $t(167) = .56$ ,  $p = .57$ , ni entre les habiletés et les conditions de support,  $\beta = -.015$ ,  $t(167) = -.09$ ,  $p = .92$ . Enfin, il n'y avait pas d'interaction significative entre le SEP et les conditions de support,  $\beta = .08$ ,  $t(167) = 1.72$ ,  $p = .26$ , ni entre le SEP et les conditions de guidage,  $\beta = -.11$ ,  $t(167) = .45$ ,  $p = .45$ .

#### b) Perceptions d'effort mental

Le modèle de régression multiple était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .12$ ,  $F(9,167) = 3.86$ ,  $p < .001$ . Le SEP réduisait les perceptions d'effort mental,  $\beta = -.41$ ,  $t(167) = -3.08$ ,  $p = .002$ . Mais, il n'y avait pas d'effet principal des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé,  $\beta = -.41$ ,  $t(167) = -3.08$ ,  $p = .21$ . Ensuite, il y avait un effet principal des conditions de guidage,  $\beta = .71$ ,  $t(167) = 3.47$ ,  $p < .001$  et de support,  $\beta = .39$ ,  $t(167) = 2$ ,  $p = .04$ .

Il y avait aussi une interaction significative entre les conditions de support et de guidage,  $\beta = -.58$ ,  $t(167) = -2.05$ ,  $p = .04$ . Sans carte, la perception d'effort mental était plus forte sur tablette que sur papier,  $\beta = .38$ ,  $t(85) = 2.02$ ,  $p = .04$ . Sur tablette, il n'y avait pas de différence significative, selon les conditions de guidage,  $\beta = .14$ ,  $t(85) = .67$ ,  $p = .50$ . Sur papier, la carte imprimée renforçait la perception d'effort mental,  $\beta = .64$ ,  $t(80) = 3.41$ ,  $p < .001$ .

Enfin, il n'y avait pas d'interaction significative entre les habiletés et les conditions de guidage,  $\beta = .05$ ,  $t(167) = .36$ ,  $p = .71$ , ni entre les habiletés et les conditions de support,  $\beta = .09$ ,  $t(167) = .56$ ,  $p = .57$ . En revanche, il y avait une d'interaction significative entre le SEP et les conditions de support,  $\beta = .35$ ,  $t(167) = 2.27$ ,  $p = .02$  mais pas entre le SEP et les conditions de guidage,  $\beta = .04$ ,  $t(167) = .30$ ,  $p = .76$ . Les analyses des effets simples ont montré que sur papier, le SEP réduisait l'effort mental,  $\beta = -.39$ ,  $t(80) = -2.83$ ,  $p = .006$  alors

que sur tablette, le SEP n'avait pas d'effet significatif,  $\beta = -.02$ ,  $t(80) = -.17$ ,  $p = .86$ . Autrement dit, la tablette soutenait les élèves qui avaient un SEP initial faible.

#### - Effets sur les performances

Le modèle de régression linéaire multiple était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .36$ ,  $F(9,167) = 10.7$ ,  $p < .001$ . Les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé soutenaient les performances,  $\beta = .49$ ,  $t(167) = 4.33$ ,  $p < .001$  mais il n'y avait pas d'effet principal du SEP en lecture documentaire,  $\beta = .012$ ,  $t(167) = .10$ ,  $p = .91$ . Enfin, il y avait un effet principal des conditions de guidage,  $\beta = -.51$ ,  $t(167) = -2.87$ ,  $p = .005$  et de support,  $\beta = -.69$ ,  $t(167) = -4.03$ ,  $p < .001$ .

Cependant, il y avait une interaction significative entre les conditions de support et de guidage,  $\beta = 1.33$ ,  $t(167) = 5.29$ ,  $p < .001$ . Sans carte, les performances étaient meilleures sur papier que sur tablette,  $\beta = .68$ ,  $t(85) = 3.88$ ,  $p < .001$ . Sur tablette, les performances étaient meilleures avec une carte navigable que sans carte,  $\beta = .78$ ,  $t(85) = 4.44$ ,  $p < .001$ . Sur papier, les performances étaient moins bonnes avec une carte imprimée que sans carte,  $\beta = -.52$ ,  $t(85) = -3$ ,  $p = .004$ . Il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « papier, sans carte » et « tablette, avec carte »,  $t(171) = -1.92$ ,  $p = .22$ .

Enfin, il n'y avait pas d'interaction significative entre les habiletés et les conditions de support,  $\beta = -.14$ ,  $t(167) = -1.02$ ,  $p = .31$ , ni entre les habiletés et les conditions de guidage,  $\beta = -.09$ ,  $t(167) = -.70$ ,  $p = .48$ . Il n'y avait pas, non plus, d'interaction significative entre le SEP et les conditions de guidage,  $\beta = .19$ ,  $t(167) = 1.45$ ,  $p = .14$ , ni entre le SEP et les conditions de support,  $\beta = .09$ ,  $t(167) = .70$ ,  $p = .48$ .

#### ▪ Effets des ressources internes et des conditions de guidage sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis des tablettes

Pour les deux groupes ayant travaillé sur tablette, les moyennes et les écarts-types se trouvent dans le [tableau 7](#).

Nous avons réalisé une régression linéaire multiple pour tester un modèle de relations entre les habiletés en lecture, le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire et la carte navigable successivement sur les perceptions vis-à-vis de l'utilité et vis-à-vis de la facilité d'usage de la tablette pour rechercher des informations. Les conditions de guidage ont été rentrées en tant que variables catégorielles inter-sujets. Les variables continues (habiletés et SEP), après avoir centré et réduit les scores, ont été rentrées en tant que covariables. Des termes

d'interactions ont été rentrés, également. Les variables indépendantes ont été introduites de manière simultanée dans le modèle de régression.

Tableau 7 : Moyennes et écarts-types des variables relatives aux perceptions de qualités instrumentales, selon les conditions de guidage

	<b>Condition</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
UP (échelle de - 2 à + 2)	Sans carte	.88	.83
	Avec carte navigable	1.07	.68
FUP (échelle de - 2 à + 2)	Sans carte	1.01	.95
	Avec carte navigable	1.01	.76

#### - Effet sur l'UP

Le modèle de régression linéaire multiple était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .08$ ,  $F(5,85) = 2.57$ ,  $p = .03$ . Il y avait un effet principal des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé,  $\beta = -.31$ ,  $t(85) = -2.31$ ,  $p = .02$  et du SEP,  $\beta = .46$ ,  $t(85) = 3.12$ ,  $p = .002$ . Ainsi, indépendamment des conditions de guidage, plus le niveau des habiletés était élevé plus le niveau d'UP était faible. Et, plus le niveau du SEP était élevé, plus celui de l'UP était élevé. Il n'y avait pas d'effet principal de la carte,  $\beta = .18$ ,  $t(85) = .90$ ,  $p = .37$ . Par contre, il y avait une interaction significative entre le SEP et la carte,  $\beta = -.57$ ,  $t(85) = -2.61$ ,  $p = .01$ . L'analyse des effets simples a montré que sans carte, plus le SEP était élevé, plus les élèves pensaient que la carte était utile,  $\beta = .46$ ,  $t(43) = 2.97$ ,  $p = .005$ . Alors qu'avec une carte, l'effet du SEP n'était pas significatif,  $\beta = -.11$ ,  $t(43) = -.71$ ,  $p = .48$ .

#### - Effet sur la FUP

Le modèle de régression multiple était significatif,  $R^2_{\text{corr}} = .09$ ,  $F(5,85) = 2.79$ ,  $p = .02$ . Il y avait un effet principal des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé,  $\beta = -.27$ ,  $t(85) = -2.02$ ,  $p = .04$  et du SEP,  $\beta = .54$ ,  $t(85) = 3.67$ ,  $p < .001$ . Indépendamment de la carte, plus le niveau des habiletés était élevé plus le niveau de la FUP était faible. Et, plus le niveau du SEP était élevé, plus celui de la FUP était élevé. Il n'y avait pas d'effet principal de la carte,  $\beta = -.11$ ,  $t(85) = -.56$ ,  $p = .57$ .

Par ailleurs, il y avait une interaction significative entre le SEP et la carte,  $\beta = -.47$ ,  $t(85) = -2.14$ ,  $p = .03$ . L'analyse des effets simples a montré que sans carte, plus le SEP était élevé,

plus les élèves pensaient que la carte était facile à utiliser,  $\beta = .53$ ,  $t(43) = 3.51$ ,  $p = .001$ . Alors qu'avec une carte, l'effet du SEP n'était pas significatif,  $\beta = .07$ ,  $t(43) = .49$ ,  $p = .62$ .

En somme, les effets observés pour la FUP étaient similaires à ceux de l'UP.

## **5. Discussion et perspectives**

### **5.1. Rappel des objectifs de l'étude 3**

Le premier objectif était d'examiner l'exigence cognitive d'un hypertexte par rapport à un document non-linaire imprimé (tablette VS papier). Le deuxième objectif était d'examiner le potentiel prédicteur des habiletés initiales en recherche d'information pour rechercher des informations dans un hypertexte, selon les deux conditions de guidage. Le troisième objectif était de tester les effets des habiletés, du SEP et d'une carte navigable sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette, avec l'échelle de Likert ajustée lors de l'étude 2. Pour rappel, les données de navigation n'ont pas pu être exploitées.

### **5.2. Synthèse des résultats**

Dans cette section, nous avons d'abord synthétisé les relations observées entre les habiletés, le SEP et des conditions matérielles (support et guidage), sur les difficultés perçues et les performances. Ensuite, nous avons réalisé une focale sur les résultats concernant les effets des ressources internes et des conditions de guidage sur les perceptions de qualités instrumentales, pour les élèves ayant travaillé sur tablette.

- **Résultats sur les difficultés perçues et les performances**

- A propos des effets des ressources externes (support et carte)

Les hypothèses concernant les effets des ressources externes, selon les quatre conditions testées, ont été partiellement validées. Pour commencer, comme prévu, sans carte, globalement, les difficultés perçues étaient plus fortes sur tablette que sur papier et les performances étaient meilleures sur papier que sur tablette. Pourtant, ces deux supports

présentaient une structure non linéaire et l'information était discontinue (Bautier et al., 2012 ; Crinon & Ferone, 2020 ; Ferone et al., 2016).

Ensuite, contrairement à nos attentes, sur tablette, la carte navigable n'a pas réduit les difficultés perçues. Toutefois, comme prévu, elle a favorisé les performances. Cette absence d'effet pourrait s'expliquer par un bilan neutre : d'une part, la carte navigable aurait soutenu les processus cognitifs (soutien à la navigation) puisque les performances étaient meilleures. Mais d'un autre côté, l'utilisation de la carte navigable aurait généré des difficultés (Bezdan et al., 2013 ; Waniek & Ewald, 2008).

Cette tendance a déjà été observée lors de l'étude 1. En effet, lors de l'étude 1, nous avons remarqué qu'au niveau des difficultés perçues, il y avait des différences significatives mais elles étaient peu tranchées, entre les deux conditions de guidage. Le fait d'avoir complexifié les documents et les questions de la situation de travail de l'étude 3 par rapport à l'étude 1 pourrait avoir réduit les faibles écarts. Ensuite, sur tablette, la carte a soutenu les performances alors que sur papier, elle les a perturbées. Inversement, sur papier, avec une carte, les perceptions de difficultés étaient plus fortes et les performances plus faibles.

- A propos des effets des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et du SEP en lecture documentaire, selon les conditions de support et de guidage

Nos hypothèses, concernant les effets principaux des habiletés et du SEP selon les conditions de design et les hypothèses d'interaction, ont été partiellement validées.

Comme prévu, le SEP a réduit les difficultés perçues (sentiment de désorientation et perceptions d'effort mental) mais il n'a eu aucun effet sur les performances. Au contraire, les habiletés ont favorisé les performances mais elles n'ont eu aucun effet sur les difficultés perçues. Il semblerait que le SEP (variable motivationnelle) prédise plutôt les mesures subjectives et que les habiletés (variable cognitive) prédisent plutôt les performances (mesures objectives).

Concernant les performances, aucune interaction n'a été trouvée entre les habiletés et les conditions de support ou de guidage. Les habiletés ont soutenu les performances sur tablette comme sur papier, avec ou sans carte.

Concernant les difficultés perçues, il y avait une interaction entre le SEP et les conditions de support. Mais pas entre le SEP et les conditions de guidage. Sur tablette, le SEP réduisait les difficultés perçues mais pas sur papier. Autrement dit, la tablette a soutenu les élèves ayant un SEP initial en lecture documentaire faible.

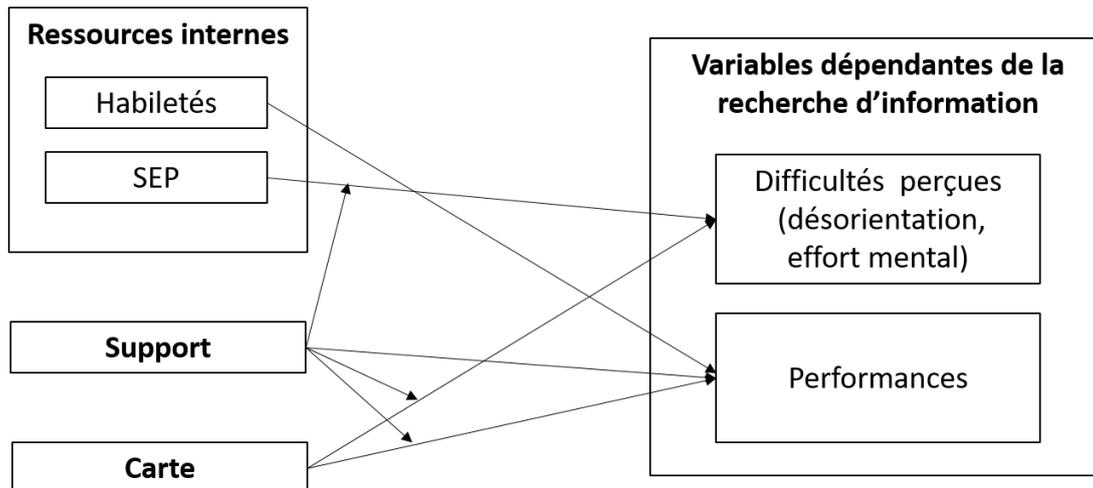


Figure 21 : Modélisation des principaux résultats de l'étude 3

- **Résultats quant à l'effet d'une carte navigable sur les perceptions de qualités instrumentales (pour les groupes travaillant sur tablette)**

Indépendamment des habiletés et du SEP, la carte navigable n'a pas eu d'effet principal significatif sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette pour rechercher des informations (UP et FUP). Une explication serait que la carte n'a pas eu d'effet sur les perceptions de difficultés. Comme l'expérimentatrice n'a pas fait de retour sur les performances, il est possible que les élèves ne se soient pas rendus compte que la carte a soutenu les performances. Ainsi, les élèves se seraient référés à leurs difficultés perçues pour évaluer leurs perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette. Si c'est le cas, le fait que ne pas avoir perçu de différences au niveau des difficultés pourrait expliquer le fait qu'ils n'aient pas perçu de différences au niveau des qualités instrumentales de la tablette.

Une autre explication serait que les élèves aient une capacité d'analyse fine vis-à-vis du matériel mis à leur disposition. En effet, les items de l'échelle de mesure des perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales étaient orientés vers l'utilisation de la tablette pour rechercher des informations. Or, il se pourrait que les élèves aient perçu que la tablette n'était qu'un lecteur de l'hypertexte. Ils ont pu penser que les conséquences de leurs interactions avec le matériel de lecture numérique étaient à attribuer à l'hypertexte lu sur la

tablette et non à la tablette. Par ailleurs, il y avait un effet principal des habiletés et du SEP sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis de la tablette. Fait surprenant : plus le niveau des habiletés était élevé, plus les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales étaient faibles. Des éléments d'interprétation pourraient se trouver du côté des théories de la motivation : notamment le système motivationnel en référence interne selon lequel l'élève attribue ses réussites/échecs et le plaisir/déplaisir correspondant à lui-même et non à un élément extérieur (Favre, 2020).

Ces résultats soutenaient l'idée que les habiletés et le SEP ne vont pas toujours dans le même sens. Des élèves ayant un niveau d'habiletés élevé pourraient avoir un SEP vis-à-vis de la tâche faible : ce qui donne un nouvel exemple que des élèves habiles puissent avoir des performances faibles (Berger & Büchel, 2012).

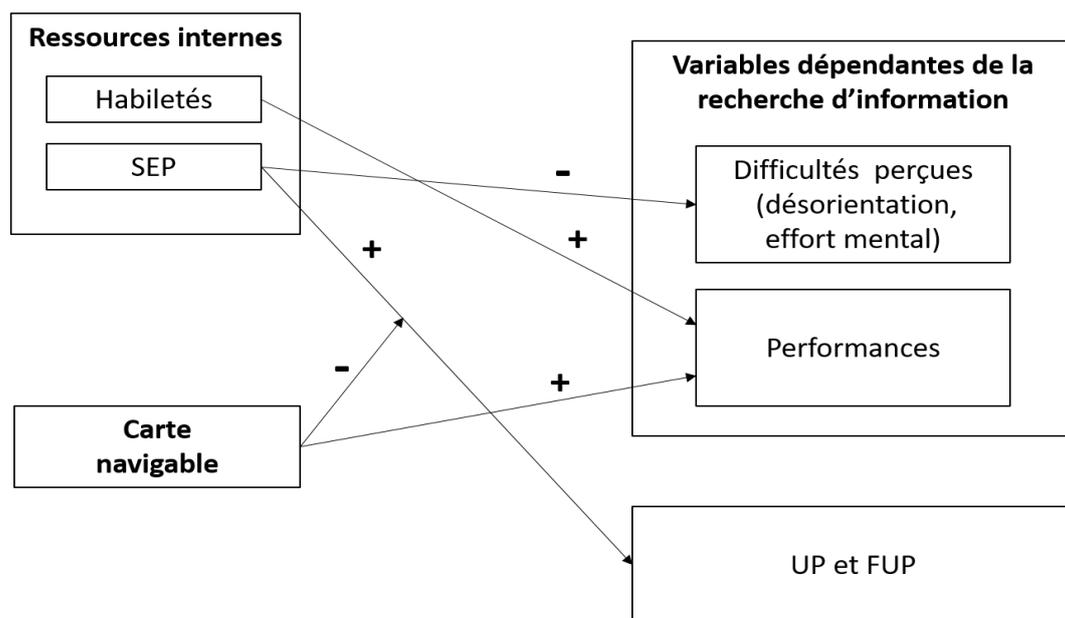


Figure 22 : Schéma des relations observées entre les variables chez les élèves travaillant sur tablette

### 5.3. Les apports de l'étude 3

Cette étude est originale de par sa comparaison des effets des ressources internes chez des élèves qui recherchent des informations dans un hypertexte lu sur tablette, avec ou sans

carte, en condition écologique. Cette condition numérique a été comparée à une condition plus traditionnelle où les élèves ont recherché les mêmes informations mais dans un document non linéaire imprimé, également avec ou sans carte. Les résultats ont confirmé que sans carte la recherche d'information dans un hypertexte est plus exigeante que la recherche d'information dans un texte documentaire imprimé (même en comparaison avec un document imprimé ayant une structure non linéaire et une information discontinue). Ainsi, nos résultats tendaient à montrer que l'exigence cognitive de la recherche d'information dans un hypertexte (sans carte) ne serait pas tellement due à la structure non linéaire et la discontinuité de l'information mais plutôt au fait de ne pouvoir voir qu'une seule fraction du contenu du matériel de lecture à un moment donné : ce qui pourrait générer un phénomène apparenté à un partage d'attention. Ensuite, nos résultats enrichissent la littérature scientifique à propos de l'exigence d'un support numérique par rapport à un support imprimé (Delgado et al., 2018). Contrairement aux résultats de Salmeron et ses collaborateurs (Salmeron et al., 2021), sans carte, par rapport à la condition « papier », la lecture sur tablette a perturbé tous les élèves quel que soit leur niveau initial d'habiletés en lecture. Concernant les habiletés en recherche d'information et le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire, les résultats de cette étude tendaient à montrer que les habiletés prédiraient plutôt les performances. Par ailleurs, le SEP prédirait plutôt les perceptions (c'est-à-dire des variables subjectives). Ainsi, ces résultats soutiennent l'idée qu'il est pertinent de considérer les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé en tant que ressources internes de la recherche d'information dans un hypertexte. En revanche, comme le SEP n'a pas prédit les performances, il paraît difficile de dire que le SEP est une ressource interne qui soutient la recherche d'information. Toutefois, cette conclusion est à prendre avec beaucoup de réserves car nous n'avons pas pu examiner l'implication potentielle des habiletés et du SEP dans la navigation. Par ailleurs, le fait d'avoir examiné les effets du SEP selon les deux conditions de support a permis d'apporter des éléments explicatifs sur l'impact des tablettes sur le plan motivationnel : avec une tablette, les élèves qui initialement se sentent peu capables de réussir la tâche sur papier percevraient moins de difficultés lorsqu'ils travaillent sur tablette. Ainsi, les difficultés perçues ne seraient pas le seul fait des caractéristiques du matériel de lecture et des ressources cognitives disponibles mais aussi le fait d'aspects motivationnels. Plus les élèves croyaient au départ qu'ils n'étaient pas capables de réussir la tâche, plus ils ont trouvé leur activité de recherche d'information difficile.

Concernant les aspects méthodologiques, cette étude a permis de confirmer la cohérence interne et la sensibilité de l'outil de mesure conçu lors de l'étude 2 (perceptions de qualités instrumentales). Ensuite, cette étude a apporté un éclairage important sur les variables

prédictives de l'UP et de la FUP. Des études antérieures ont examiné les effets du SEP vis-à-vis de l'utilisation du numérique (Courtois et al., 2014 ; Rončević Zubković et al., 2016 ; Salmerón et al., 2018 ; Venkatesh & Bala, 2008). A notre connaissance, notre étude est une des rares à avoir examiné les effets du SEP vis-à-vis d'une tâche sur les perceptions de qualités instrumentales. Nos résultats abondent dans le sens de ceux de Juarez Collazo et ses collaborateurs (2014) : c'est-à-dire que lorsque les élèves ont reçu une instruction sur les fonctionnalités d'une carte alors le SEP initial a réduit les perceptions de difficultés.

## 5.4. Les limites

Une principale limite de cette étude est de ne pas avoir pu exploiter les traces de navigation des élèves des groupes ayant travaillé sur tablette. Ainsi, il n'est pas certain que les élèves aient utilisé la carte navigable. Pour éviter que ce problème se produise de nouveau, avec l'ingénieur des études, nous avons tenté d'examiner son origine, à partir des traces. Il semblerait que des élèves aient utilisé les flèches de navigation du moteur de recherche installé dans la tablette (Safari) ou bien qu'ils aient « feuilleté » l'hypertexte (flick left / flick right) au lieu de naviguer via les hyperliens implémentés dans l'hypertexte ou dans la carte navigable. Si les élèves ont effectivement feuilleté l'hypertexte, au-delà du fait que ce comportement ait entravé l'expérimentation, cela supposerait que la navigation via les liens électroniques implémentés dans le contenu des nœuds ne soit pas « spontanée » chez les enfants. Ces derniers préféreraient travailler avec un document linéaire numérique reproduisant virtuellement les effets d'un livre imprimé. Ceci serait en accord avec l'analyse de S. Caro (2017). Si ce comportement se vérifiait chez des enfants, des documents numériques conçus avec des techniques dites « effet diligence<sup>12</sup> » (Perriault, 2002) leur conviendraient mieux. Ceci étant, comme ce comportement a posé des obstacles aux investigations de cette thèse, nous avons prévu de l'empêcher, pour la suite des investigations. Pour ce faire, pour l'étude 4 (cf. chapitre suivant), nous avons masqué les flèches de navigation du moteur de recherche de Safari avec une bande adhésive. Toutefois, il a été difficile d'empêcher le feuilletage par flick left et flick right, au vu des moyens techniques dont nous disposions. Par ailleurs, sans utiliser des techniques d'observation du type « eye tracking », il n'était pas certain qu'en condition « papier », les élèves aient utilisé la carte imprimée. Pour lever cette limite, il faudrait utiliser des techniques de suivi oculaire ou de vidéo ou de verbalisation pour collecter des traces du comportement de chaque élève.

---

<sup>12</sup> Transfert de techniques anciennes vers de nouvelles technologies comme simuler le feuilletage d'un ouvrage (flip book)

Mais, pour cela il faudrait prévoir des conditions de laboratoire et, auquel cas, nous perdriions la richesse de travailler en condition écologique.

Une deuxième limite concerne l'outil de mesure des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé. D'après notre documentation, l'étude des effets des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé sur la recherche d'information dans un hypertexte est un axe de recherche assez récent. Nous n'avons pas trouvé d'autre test que le test CompLEC (Llorens Tatay et al., 2011). Or, ce test est inspiré de l'évaluation PISA. Il a été calibré pour des élèves du collège voire début lycée. Selon notre propre analyse a priori et après avoir consulté les enseignant.e.s du terrain, ce test était trop compliqué pour des élèves de fin d'école primaire. Un test inspiré de l'évaluation PIRLS ou CEDRE (évaluation équivalente à l'évaluation PISA mais pour des élèves de cours moyens) serait plus adapté. Comme nous n'avons pas trouvé un tel outil dans la documentation scientifique, nous l'avons conçu. Cependant, nous n'avons pas eu le temps de tester sa fiabilité et sa validité. Une autre perspective serait de faire ce travail à visée méthodologique. Dans le même champ, encore une autre perspective serait d'examiner auprès d'une même population d'élèves de fin d'école primaire, les contributions des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et des habiletés en lecture linéaire.

Enfin, une troisième limite concerne le fait d'avoir examiné les effets des ressources internes et des ressources externes sur la navigation et les performances moyennes pour l'ensemble des questions auxquelles les élèves devaient répondre. Or, l'état de l'art indique que les effets des habiletés et d'une carte navigable dépendent du niveau d'exigence de la question (Naumann, 2015 ; Naumann & Salmerón, 2016 ; Salmerón et al., 2017 ; Salmerón & García, 2012). Donc, une perspective supplémentaire serait d'affiner les investigations selon les types de question. Ceci a été l'un des principaux objectifs de l'étude 4.

## **6. Conclusion du chapitre 7**

Les résultats de cette étude ont confirmé l'intérêt de proposer une carte navigable à des enfants de fin d'école primaire pour rechercher des informations dans un hypertexte lu sur tablette, surtout s'ils ont un SEP initial faible. Les résultats de cette étude ont aussi confirmé que des ressources internes motivationnelles et cognitives sont impliquées, chez des enfants. Cet effet des ressources internes serait généralisable au support papier, avec et sans carte. Les habiletés prédiraient plutôt les performances. Le SEP vis-à-vis de la lecture

documentaire prédirait plutôt les perceptions (difficultés perçues et les qualités instrumentales).

Cependant, des résultats trouvés dans l'étude 1 n'ont pas exactement été reproduits dans l'étude 3 : en l'occurrence, des relations entre les ressources internes et les variables dépendantes, et des effets d'interactions avec la carte navigable. Cela pourrait être dû au changement d'outil de mesure des habiletés initiales en recherche d'information ou à des profils d'élèves différents entre les deux études. Une autre interprétation pourrait se trouver au niveau de la tâche-test de recherche d'information. Elle était différente par rapport à l'étude 1 (les questions auxquelles les élèves devaient répondre, le contenu et la structure de l'hypertexte). Une manière d'atténuer les différences dues au design de l'hypertexte serait de choisir un plan expérimental intra-sujets, en veillant à contre-balancer les thèmes des hypertextes et l'ordre des questions.

## **Chapitre 8 : Effets des ressources internes, des conditions de guidage et des types de question (étude 4)**

Ce chapitre présente la dernière étude de cette thèse. L'objectif est d'éclairer, de confirmer ou de préciser certains résultats des études précédentes : essentiellement ceux des études 1 et 3.

### **1. Objectifs**

Grâce à la collecte des traces de navigation, les résultats de l'étude 1 ont montré que les élèves ont systématiquement utilisé la carte navigable. Donc, au regard de leur modèle de tâche, les élèves ont tous perçu, quant à l'utilisation de la carte navigable, un avantage plus fort que le coût. Donc, une carte navigable semble agir sur les aspects motivationnels. Les performances supérieures avec une carte navigable par rapport à la condition « sans carte » ont donné raison aux élèves d'utiliser la carte. Pour autant, d'après les résultats de l'étude 1, du côté des difficultés perçues (sentiment de désorientation et perception d'effort mental) et du côté de l'efficacité de navigation, il n'est pas évident qu'une carte navigable soutienne les processus cognitifs (du moins sur tous les aspects). Ainsi, il est intéressant de comprendre ce qui amènerait les élèves à utiliser une carte navigable spontanément, pour une activité de recherche d'information : est-ce la fonctionnalité « navigable » ou est-ce la fonctionnalité « carte » (dans le sens d'avoir un aperçu de la structure physique et sémantique) ? Comme d'après les résultats de l'étude 3, une carte imprimée (donc statique) entraverait les processus cognitifs, nous avons de bonnes raisons de penser que sur tablette, les élèves utiliseraient une carte navigable mais pas une carte statique. Ainsi, le premier objectif de cette dernière étude est d'examiner le comportement des élèves vis-à-vis d'une carte navigable par rapport à une carte statique.

Ensuite, d'une manière récurrente, les résultats des études 1 et 3 ont soutenu l'idée que le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire soutient la recherche d'information dans un hypertexte et l'acceptation des tablettes. Mais pour que le SEP influence les qualités instrumentales perçues, il est nécessaire d'apporter des instructions sur les fonctionnalités d'une carte censée soutenir les processus cognitifs (Juarez Collazo et al., 2014) : c'est bien ce que l'enseignant.e fait durant la phase de familiarisation et juste avant de commencer la tâche. Or, le SEP vis-à-vis d'une tâche est très sensible aux conditions de design pédagogique (Chan et al., 2017 ; Guthrie et al., 2013 ; Guthrie & Klauda, 2014). Comme dans cette thèse nous examinons entre autres les effets du SEP et de conditions de guidage, le deuxième objectif de cette étude est de savoir si le SEP vis-à-vis de la lecture

documentaire évoluerait durant la phase de familiarisation, selon les conditions de guidage présentées durant cette phase. Si c'est le cas, cela poserait une limite aux résultats des études 1 et 3 quant aux effets du SEP. En effet, cela voudrait dire qu'au moment de réaliser la tâche-test, les groupes n'étaient plus équivalents pour cette variable motivationnelle. Auquel cas, cela remettrait en question l'idée que le SEP est une ressource interne permanente, au sens donné dans le modèle MD-TRACE.

De plus, lors des études 1 et 3, nous avons testé globalement les effets de conditions de guidage pour réaliser une tâche de recherche d'information : les élèves ont répondu à différents types de question et nous avons calculé un score global. Ainsi, les résultats ont montré qu'une carte navigable soutient la recherche d'information. Cependant, d'après l'état de l'art, l'effet d'une carte navigable dépend des types de question (Jáñez & Rosales, 2016 ; Salmerón & García, 2012). Comme en classe, les élèves sont amenés à traiter différents types de question, le troisième objectif de cette dernière étude est de connaître les intérêts et limites d'utiliser une carte, selon les types de question.

Dans la typologie des questions (Ayroles, 2020 ; Tawfik et al., 2021), notre attention s'est portée sur trois types de question : le premier est une question de localisation d'une information factuelle pour laquelle il existe une correspondance lexicale terme à terme entre au moins un mot-clef de la question et un indice de structure de l'hypertexte. Ci-après, nous avons désigné ce type de question, sous le code Q Loc AC. Le deuxième type est une question de localisation d'une information factuelle pour laquelle il n'existe pas de correspondance lexicale entre les mots de la question et un indice de structure de l'hypertexte. Nous l'avons désigné ici sous le code Q Loc SC. Enfin, le troisième type de question, désigné sous le code Q Int SC, est une question d'intégration sans correspondance lexicale entre les mots de la question et un indice de structure du document. Nous avons choisi ces trois types de question parce que nous avons pensé qu'ils pourraient avoir un impact particulier sur les processus cognitifs lors d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte, selon les conditions de guidage.

Par ailleurs, du côté de l'acceptation, malgré une échelle de mesure des perceptions de qualités instrumentales plus sensible et avec une bonne cohérence interne (cf. résultats de l'étude 2), lors de l'étude 3, les conditions de guidage n'ont pas influencé l'UP, ni la FUP vis-à-vis de la tablette. Pourtant, les élèves ont mieux réussi le travail avec une carte navigable. Pour expliquer ces décalages entre les performances et les perceptions de qualités instrumentales, une interprétation serait que les enfants aient une perception fine des qualités instrumentales. Il est possible qu'ils aient bien compris que la tablette n'est « qu'un » appareil de lecture de l'hypertexte et que ce serait globalement le matériel de lecture (c'est-

à-dire l'hypertexte lu sur la tablette et, le cas échéant, la carte implémentée dans l'hypertexte) qui détermine les performances et les difficultés ressenties (et non la tablette en elle-même). Ainsi, le quatrième objectif de cette étude est de tester des effets des conditions de guidage sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture et non pas spécifiquement vis-à-vis de la tablette seule.

Enfin, les études 1 et 3 présentaient un biais dû à la répartition des élèves dans les groupes. En effet, pour des raisons liées aux conditions écologiques, nous avons réalisé une randomisation par grappe (c'est-à-dire par classe) plutôt qu'une randomisation par individu. Or, il a pu y avoir des différences inter-groupes non prises en compte dans les modèles de régression linéaire multiple alors qu'elles sont connues pour déterminer les processus cognitifs et les performances : il s'agit, par exemple, du niveau de scolarisation des élèves et des expériences personnelles des élèves avec le numérique (Hahnel et al., 2016 ; Salmerón et al., 2018). De plus, les résultats différents entre les études 1 et 3 pour une même condition de guidage pourraient être dus à des matériels de lecture différents au niveau du contenu, du nombre de nœuds, du nombre de liens par nœud, etc. (Herrada-Valverde & Herrada-Valverde, 2017). Pour tenter de lever ces deux limites expérimentales, pour cette dernière étude, nous avons décidé de concevoir un plan expérimental intra-sujets (mesures répétées). Pour atteindre ces objectifs, cette quatrième étude repose sur un plan factoriel intra-sujets permettant de contrôler deux variables dépendantes relatives aux conditions de guidage et aux types de question, avec chacune trois modalités :

- Conditions de guidage C = {C0 sans carte, C1 carte statique, C2 carte navigable}.
- Types de question Q = {Q Loc AC, Q2 Loc SC, Q Int SC}.

Lors de cette étude à mesures répétées, les mêmes élèves ont réitéré une tâche de recherche d'information avec trois hypertextes traitant de thèmes différents, dans trois conditions de guidage différentes. Pour chacune des trois conditions de guidage, les élèves ont dû répondre à trois types de question.

## 2. Hypothèses

- **H1. Utilisation de la carte.**

D'après l'état de l'art, les élèves se réfèrent moins souvent à une carte statique qu'à une carte navigable (Urakami, 2019). Ainsi, le taux d'ouverture de la carte statique devrait être

plus faible que le taux d'ouverture de la carte navigable. Ce qui correspond à un nombre d'ouvertures de la carte divisé par le nombre d'ouvertures d'un nœud de contenu plus important en condition « carte navigable » qu'en condition « carte statique » (H1).

- **H2. Evolution du SEP en lecture documentaire entre la mesure initiale et la mesure en pré-tâche, selon les conditions de guidage**

Ci-après, nous avons utilisé les acronymes SEP initial et SEP pré-tâche. Le SEP initial correspond à la première mesure du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire (mesure initiale, tout au début de l'expérimentation). Et, le SEP pré-tâche correspond à la deuxième mesure du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire : c'est-à-dire une mesure réalisée juste avant la tâche-test. Entre ces deux mesures, les élèves se sont familiarisés successivement avec chacune des trois conditions de guidage (en assurant le contre-balancement).

Le SEP est une croyance qu'un individu entretient quant à sa capacité à organiser et mettre en œuvre une action pour atteindre un but (Bandura, 2006). Cette représentation est basée sur la représentation de l'individu vis-à-vis de la tâche à réaliser, en référence, entre autres, à ses expériences antérieures pour des tâches similaires. Le SEP est également lié aux habiletés vis-à-vis de la tâche en question. Les élèves de fin d'école primaire réalisent classiquement des tâches de recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et sans carte. Ainsi, le SEP initial et les habiletés en recherche d'information devraient soutenir le SEP pré-tâche (H2a).

Les choix pédagogiques de l'enseignant.e contribuent aussi à déterminer le SEP, alors que le SEP contribue à déterminer les performances par le biais de l'engagement des élèves dans l'activité (Guthrie et al., 2012 ; Guthrie & Wigfield, 2017). Par ailleurs, lorsque les élèves reçoivent des instructions sur les fonctionnalités d'un outil de guidage, le SEP vis-à-vis d'une tâche prédit les perceptions vis-à-vis des qualités instrumentales de l'outil de guidage en question (Juarez Collazo et al., 2014). Au cours de la phase de familiarisation, les élèves découvrent les conditions expérimentales, à partir de documents et de questions similaires à ceux de la tâche-test. Cette phase de familiarisation constitue une nouvelle expérience en recherche d'information dans un document. Au cours de cette phase, l'expérimentatrice apporte des informations sur la nature et les fonctions d'une carte, selon les conditions de guidage. Ainsi, le SEP devrait évoluer à la suite de la phase de familiarisation mais différemment selon les conditions de guidage.

Sur tablette, sans carte, la structure physique d'un hypertexte est censée être compliquée à utiliser, pour rechercher des informations. Mais une carte navigable devrait soutenir la

navigation, dans le sens où elle montre la structure physique et sémantique de l'hypertexte et qu'elle permet d'accéder à tous les nœuds sans passer par des nœuds intermédiaires et sans utiliser les boutons-retours. Par ailleurs, une carte statique montre aussi la structure physique et sémantique de l'hypertexte. Mais pour naviguer avec ce type de carte, les élèves doivent fermer la carte puis utiliser les hyperliens intégrés dans les nœuds de contenu informationnel et, le cas échéant, les boutons-retours. Le SEP pré-tâche mesuré respectivement dans les conditions « carte navigable » et « carte statique » devrait être plus élevé que le SEP pré-tâche mesuré en condition « sans carte » (H2b), tandis que le SEP pré-tâche mesuré en condition « carte statique » devrait être plus faible que le SEP pré-tâche mesuré en condition « carte navigable » (H2c).

- **H3. Effets des conditions de guidage, sur l'efficacité de la navigation et les performances, selon les types de question**

Nous avons considéré dans cette thèse, des hypertextes à structure hiérarchique. Les hyperliens implémentés dans un nœud de contenu « parent » correspondant respectivement aux titres des nœuds « enfants ». De plus, l'ensemble des hyperliens implémentés dans les nœuds de contenu se trouvent dans une carte. Une stratégie efficace en recherche d'information est une stratégie « opportuniste » (Rouet, 2003, 2006). Le cas échéant, après une phase d'exploration du document, il s'agit de survoler, voire d'ignorer des parties non cibles et de localiser le plus efficacement possible les parties cibles (c'est-à-dire celles qui contiennent les informations utiles pour répondre à la question). S'il existe une correspondance lexicale terme à terme, une stratégie de balayage permet de localiser facilement un nœud-cible. Toutefois, s'il n'y a pas de correspondance terme à terme entre la question et les hyperliens ou titres des nœuds, seuls les élèves habiles en lecture-compréhension sont capables de mettre en place une stratégie de correspondance sémantique voire d'inférence, et de traitement de fond des nœuds pour manager leur parcours de navigation (Naumann & Salmerón, 2016 ; Salmerón et al., 2015). Cette stratégie dite de « haut niveau » serait à la portée d'un petit nombre d'enfants de fin d'école primaire (Cerdán et al., 2011 ; Rouet & Coutelet, 2008). Sur la base de cet état de l'art, nous avons proposé des hypothèses, selon les types de question. A savoir :

- Pour une question Q Loc AC

Pour ce type de question, une correspondance lexicale se trouve entre un sous-titre du contenu d'un nœud et un hyperlien dans le contenu du nœud précédent dans la hiérarchie. De plus, pour les élèves qui travaillent avec une carte, la correspondance lexicale se trouve

avec un mot-clef dans la carte (mot-clef hyperlié dans le cas d'une carte navigable). Sans carte, les élèves peuvent s'appuyer sur les sous-titres et hyperliens implémentés dans les nœuds de contenu, pour localiser le nœud-cible, sans avoir besoin de lire et comprendre chaque nœud ouvert. Sur certains aspects, cette stratégie ressemble à la stratégie de lecture dite « descendante » observée chez des enfants de fin d'école primaire ayant des connaissances méta-textuelles, pour rechercher des informations dans un document non linéaire imprimé (Potocki et al., 2017). A la différence d'un document non linéaire imprimé, dans un hypertexte, un seul nœud est visible à un moment donné. Ainsi, une stratégie de lecture descendante est contrainte aux indices de structure disponibles : c'est-à-dire, les sous-titres et hyperliens présents dans le nœud ouvert. Ainsi, sans carte, il est difficile d'anticiper sa navigation et il faut ouvrir des nœuds intermédiaires voire utiliser les boutons-retours, pour accéder à un nœud-cible. Avec une carte navigable, sous réserve que les élèves l'utilisent, il est possible de localiser et accéder directement au nœud-cible en procédant par appariement terme à terme entre la question et un hyperlien dans la carte. Avec une carte statique, l'élève peut aussi localiser le nœud-cible mais il ne peut pas y accéder directement. Il doit d'abord fermer la carte statique. Puis, il doit naviguer jusqu'au nœud-cible avec les mêmes fonctionnalités de navigation que les élèves qui travaillent sans carte. Donc, pour répondre à une question Q Loc AC, la qualité de la navigation et les performances devraient être meilleures avec une carte navigable qu'avec une carte statique et sans carte (H3a). Enfin, avec une carte statique, la qualité de la navigation et les performances devraient être meilleures que sans carte (H3b).

- Pour une question Q Loc SC et une question Q int SC

Les effets d'une carte navigable sur la qualité de la navigation et les performances, pour ces types de question, ne sont pas clairs dans la littérature. Sans correspondance lexicale terme à terme, une carte navigable soutiendrait les processus cognitifs pour répondre à une question d'intégration mais pas à une question de localisation parce qu'avec une carte navigable, les élèves navigueraient de manière plus cohésive : ceci favoriserait l'élaboration d'un modèle de situation favorable à l'intégration d'informations situées dans différents nœuds de l'hypertexte (Salmerón & García, 2012). Cependant, une navigation cohésive est pertinente pour comprendre et intégrer dans sa mémoire à long terme l'intégralité du contenu de l'hypertexte. Elle ne serait pas pertinente pour une tâche de recherche d'information (cf. supra). Ensuite, manager un parcours de navigation dans un hypertexte sans pouvoir s'appuyer sur un appariement terme à terme mobilise des habiletés en lecture-compréhension dites de « haut niveau ». Cette stratégie ne serait pas à la portée d'enfants de fin d'école primaire (Cerdán et al., 2011 ; Rouet & Coutelet, 2008). Ces derniers devraient

plutôt procéder par « essai-erreur », jusqu'à trouver le.s nœud.s-cible.s. Avec une carte navigable, l'élève peut ouvrir chaque nœud un à un, de manière organisée : donc, pour répondre à une question Q Loc SC, la navigation et les performances devraient être meilleures que sans carte ou avec une carte statique (H3c). Avec une carte statique, l'élève peut aussi prendre des repères pour organiser l'ouverture des nœuds un à un mais sans pouvoir les ouvrir directement via la carte. Ainsi, la navigation et les performances devraient être meilleures avec une carte statique que sans carte (H3d). Pour une question Q Int SC, le même schéma d'hypothèses est attendu que pour une question Q Loc SC (H3e). Cependant, la tâche est plus complexe car les élèves doivent localiser deux nœuds-cibles avant de mettre en relation les informations extraites.

- **H4. Effets des conditions de guidage sur les difficultés perçues et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture (indépendamment des types de question)**

Pour les mêmes arguments que ceux énoncés pour l'hypothèse 3, globalement, le niveau de difficultés perçues serait moins fort avec une carte navigable qu'avec une carte statique ou sans carte (H4a). De plus, le niveau de difficultés devrait être moins fort avec une carte statique que « sans carte » (H4b).

Par ailleurs, avec une carte navigable, le niveau des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture devrait être meilleur qu'avec une carte statique ou sans carte (H4c). Enfin, le niveau de ces perceptions devrait être moins élevé sans carte qu'avec une carte statique (H4d).

- **H5. Effet des ressources internes**

Les habiletés en recherche d'information dans un hypertexte et le SEP vis-à-vis de la lecture documentaire devraient déterminer la qualité de la navigation (H5a), les difficultés perçues (H5b), les performances (H5c) et les perceptions de qualités instrumentales (H5d). Il devrait y avoir des interactions entre les ressources internes et les conditions de guidage, indépendamment des types de question (H5e).

## 3. Méthode

### 3.1. Participants

Au total, 109 élèves de CM1 et de CM2 (57 filles et 52 garçons) scolarisés dans trois écoles ont participé à l'expérience (âge moyen = 9.8 ans ;  $ET = .43$ ). Ces écoles faisaient partie de la quatrième vague du plan pluriannuel de la commune, pour l'équipement en classes mobiles de tablettes iPad dans le premier degré, en partenariat avec l'Education nationale. Comme pour les études 1 et 3, les tablettes avaient été livrées récemment. Les élèves avaient peu d'expérience dans l'utilisation des tablettes dans un contexte scolaire. Ils ne les avaient jamais utilisées pour réaliser de la recherche d'information dans un hypertexte. Cependant, ils travaillaient régulièrement la lecture documentaire en sciences et géographie, à partir de documents non linéaires imprimés. Ils avaient aussi l'habitude, d'une part, de pratiquer des séances d'apprentissage du français intégrées à des projets de sciences ou de géographie visant à développer les habiletés en lecture fonctionnelle dont les stratégies de lecture sélective et, d'autre part, à enrichir leurs connaissances lexicales (vocabulaire spécialisé). Ils s'entraînaient aussi régulièrement, pour développer un déchiffrement fluide.

Trente-huit élèves ont été exclus des analyses statistiques en raison de données incomplètes ou de troubles des apprentissages avérés. Comme pour les études précédentes, les règles déontologiques de la recherche et le code de l'éducation relatif à l'inclusion scolaire ont été respectés.

### 3.2. Matériels

- **Les hypertextes utilisés pour les tâches-tests de recherche d'information, selon les trois conditions de guidage**

Les trois hypertextes ont été préparés chacun, selon les trois conditions de guidage. Trois thèmes ont été travaillés : « *La France dans le monde* », « *La consommation d'électricité domestique* » et « *La planète Mars* ». Ces thèmes font partie du programme d'enseignement au cycle 3. Les hypertextes sur les thèmes de « *La France dans le monde* » et de « *La consommation d'électricité domestique* » étaient inspirés de ceux des études 1 et 3. L'hypertexte sur le thème de « *La planète Mars* » était inspiré du matériel de l'évaluation ePIRLS (2016). Ces hypertextes-sources ont été modifiés de manière à ce que les trois hypertextes de cette quatrième étude aient des caractéristiques structurelles et de contenus

proches : soit 10 nœuds, 4 niveaux hiérarchiques, équivalents du point de vue du code des informations à traiter. In fine, plus précisément, l'hypertexte sur le thème de la « *La France dans le monde* » était composé de 4 nœuds de contenus linguistiques, 5 nœuds de contenus linguistiques illustrés (par une photographie, une gravure ou un schéma) et 1 nœud de contenus linguistiques accompagnés d'une carte du monde. Au total, les contenus linguistiques comptaient 644 mots (hors légendes). L'hypertexte sur le thème de « *La consommation d'électricité domestique* » était composé de 6 nœuds de contenus linguistiques, 3 nœuds de contenus linguistiques illustrés et 1 nœud de contenus linguistiques accompagnés d'un diagramme. Les contenus linguistiques pris ensemble comptaient 684 mots (hors légendes). L'hypertexte sur le thème de la planète Mars était composé de 5 nœuds de contenus linguistiques, 4 nœuds de contenus linguistiques illustrés et 1 nœud contenant un tableau de données. Au total, les contenus linguistiques comptaient 697 mots (hors légendes). Chaque nœud possédait un sous-titre ou une information iconique légendée. Pour les questions de localisation, les nœuds-cibles se trouvaient au 3<sup>ème</sup> ou au 4<sup>ème</sup> niveau hiérarchique. Pour les questions d'intégration, le nombre de nœuds et la distance entre les nœuds à localiser et à traiter étaient équivalents pour les trois hypertextes.

Pour les conditions « sans carte » et « carte navigable », les hypertextes étaient équipés de fonctionnalités de navigation similaires à celles utilisées pour les études 1 et 3. A l'instar de la carte navigable, la carte statique se trouvait dans un escamot. En haut de chaque nœud de contenu, il y avait une vue miniature cliquable de la carte. Cliquer sur la miniature permettait d'ouvrir la carte. Sinon, la carte n'était pas lisible et en zoomant le contenu de la carte était flou. Comme pour la carte navigable, un point rouge indiquait la position de l'élève dans l'hypertexte. La carte statique comportait en plus un bouton-retour qui permettait de fermer la carte et de revenir au dernier nœud ouvert. Des représentations de ce que les participants pouvaient voir sur l'écran de la tablette, selon les trois conditions de guidage se trouvent en figures 23, 24 et 25. Les hypertextes étaient lus sur une tablette iPad avec les modalités techniques identiques à celles présentées dans le chapitre 1. Afin d'éviter que les élèves soient tentés d'appuyer sur les flèches de navigation de Safari (comme cela a pu se produire lors de l'étude 3), un cache a été appliqué en bordure d'écran, au niveau de la barre d'adresse et des flèches de navigation.



Figure 23: Vue d'un nœud de hypertexte « *La planète Mars* », en condition « sans carte »

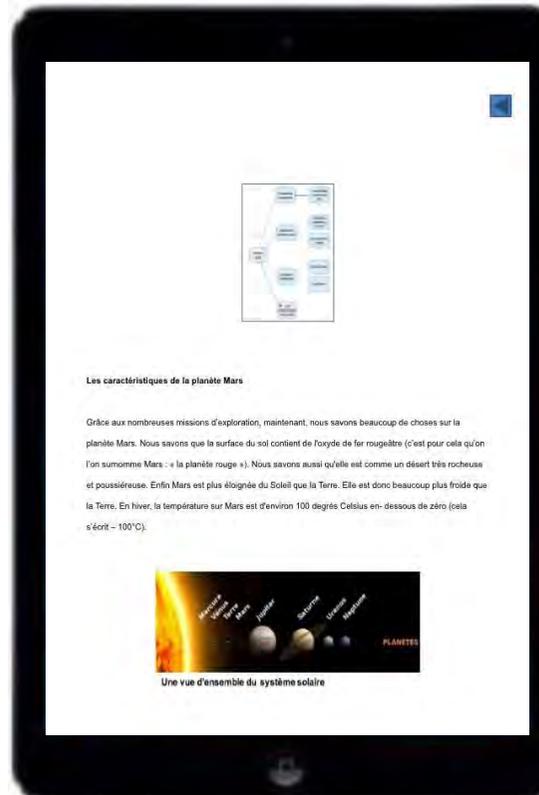
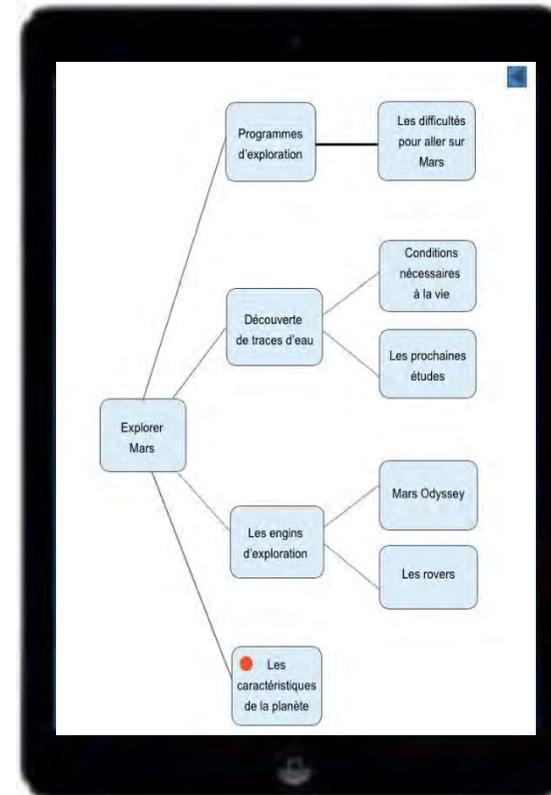


Figure 24: Vue d'un nœud de hypertexte « *La planète Mars* », en condition « carte statique ». La carte est visible en miniature (à gauche) et en plein écran (à droite).



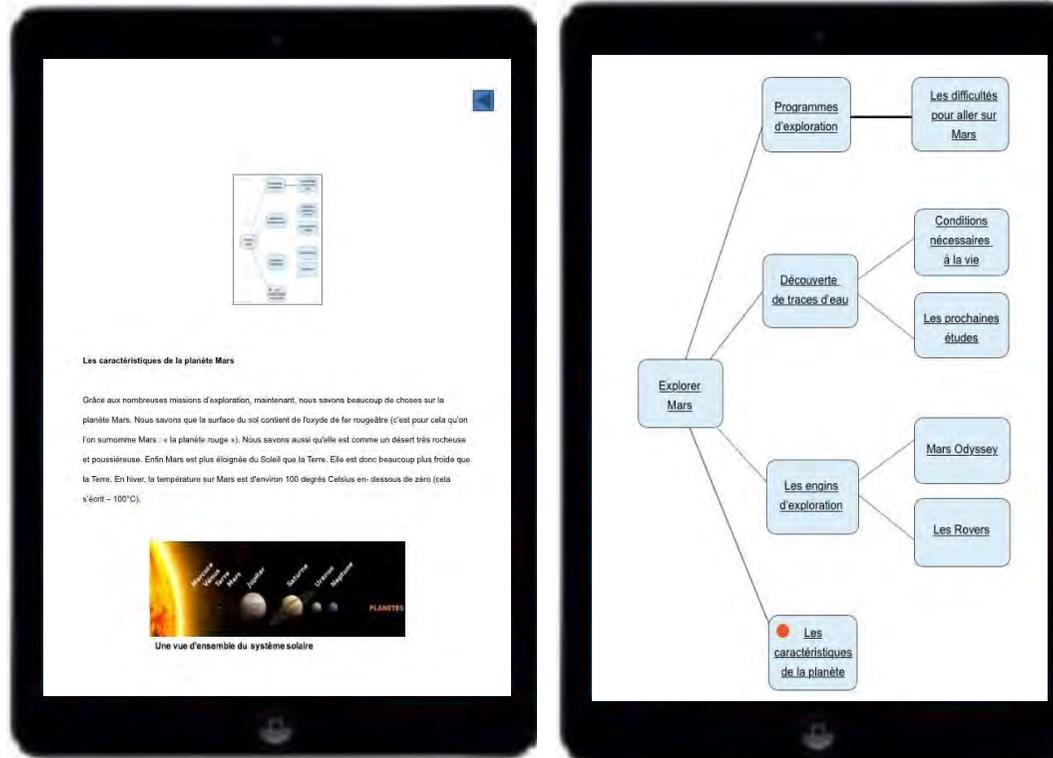


Figure 25 : Vue d'un nœud de hypertexte « La planète Mars », en condition « carte navigable ». La carte est visible en miniature (à gauche) et en plein écran (à droite).

- **Mesures initiales des ressources internes**

- Evaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé

L'outil d'évaluation de la mesure initiale des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé était le même que celui utilisé lors de l'étude 3 (cf. [annexe 4](#) : document sur le thème de l'Antarctique). Les modalités de la correction étaient inchangées (double correction suivie d'une harmonisation). Pour rappel, cette évaluation initiale était notée sur 4 points.

- Les connaissances initiales sur les trois thèmes dont traitaient les trois hypertextes

Le questionnaire des connaissances initiales contenait les 3 questions de la tâche-test sur le thème de la « *France dans le monde* », les 3 questions de la tâche-test sur le thème de « *La planète Mars* » et les 3 questions de la tâche-test sur le thème de la « *Consommation d'électricité domestique* » (soit 9 questions). Comme pour les études précédentes, des questions supplémentaires perturbatrices ont été introduites. Finalement, le questionnaire comportait 20 questions ouvertes. Un point a été attribué pour chaque réponse correcte, 0,5 point pour une réponse partielle et zéro point pour une réponse erronée ou absence de réponse. Les points pour les réponses aux questions perturbatrices n'ont pas été comptabilisés. Le score correspondait à la somme des points obtenus pour les neuf questions relatives aux trois tâches-tests. Nous avons organisé une double-correction suivie d'une harmonisation.

- Le sentiment d'efficacité personnelle en lecture documentaire

Le questionnaire était le même que celui utilisé lors des études 1 et 3 (cf. [Annexe 1.B](#)). Deux mesures ont été réalisées : une première mesure avant l'évaluation initiale des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et une mesure juste avant chaque tâche-test de recherche d'information pour chacun des trois hypertextes. Donc, au total, pour chaque participant, quatre mesures du SEP ont été réalisées.

- **Les variables dépendantes**

- Les performances en recherche d'information dans un hypertexte

Les élèves devaient rechercher les informations pour répondre à trois questions : 1. Une question sous-tendait des processus de localisation pour lesquels il était possible de mettre en œuvre une stratégie de correspondance terme à terme entre la question et un indice de structure de l'hypertexte (c'est à dire un sous-titre et/ou un hyperlien dans un nœud). Pour les conditions « carte statique » ou « carte navigable », ladite correspondance se trouvait également avec un mot-clef dans la carte ; 2. Une question qui sous-tendait des processus de localisation, mais il n'y avait aucune correspondance terme à terme ; 3. Une question qui sous-tendait des processus d'intégration. Dans ce cas, non plus, il n'y avait pas de correspondance terme à terme.

Les questions, pour chaque hypertexte, sont présentées dans le tableau 8 (ci-après). Un point a été accordé pour chaque réponse attendue ou équivalente. Si la réponse était incomplète, 0,5 point a été accordé. Pour une réponse erronée ou en cas d'absence de réponse, aucun point n'a été accordé. Pour chaque tâche-test, le score correspondait à la somme des points pour les trois réponses. Ainsi, un élève pouvait obtenir au maximum 3 points.

Tableau 8 : Questions données aux élèves, selon les trois hypertextes

Thèmes	Types de question / Processus cognitifs sous-jacents		
	Localisation. Avec correspondance terme à terme (Loc AC)	Localisation. Sans correspondance terme à terme (Loc SC)	Intégration. Sans correspondance terme à terme (Int SC)
France dans le monde	Qui a découvert la Martinique?  Réponse dans le nœud intitulé « La découverte de la Martinique ».	En quelle année, l'Antarctique a-t-il été découvert?  Réponse dans le nœud intitulé « Jules Dumont d'Urville ».	Pourquoi l'Hexagone fait une grosse partie de ses échanges de marchandises avec des pays européens?  Inférence entre les nœuds « la France métropolitaine » et « Le surnom... ».

La planète Mars	<p>Pourquoi est-il difficile d'aller sur Mars? (Écris une raison).</p> <p>Réponse dans le nœud intitulé « Difficultés pour aller sur Mars ».</p>	<p>Quelle température fait-il sur Mars, en hiver?</p> <p>Réponse dans le nœud intitulé « Caractéristiques de la planète Mars ».</p>	<p>Comment Curiosity a-t-il permis d'observer des traces de rivières et de lacs sur la planète Mars?</p> <p>Inférence entre les nœuds « Les rovers » et « Les engins d'observation ».</p>
Consommation d'électricité	<p>A quoi sert le compteur électrique?</p> <p>Réponse dans le nœud intitulé «Le compteur électrique».</p>	<p>Qu'est-ce qui peut déclencher un incendie dans une habitation?</p> <p>Réponse dans le nœud intitulé « Tableau électrique ».</p>	<p>En rénovant les systèmes de chauffage, il est possible d'économiser une grande quantité d'électricité. Pourquoi?</p> <p>Inférence entre les nœuds « Besoins en électricité » et « Répartition de la consommation ».</p>

#### - La navigation

A partir des traces de navigation collectées pour les trois types de question et pour les trois conditions de guidage, nous avons calculé le taux d'utilisation de la carte (carte statique VS carte navigable), avec la même formule que pour l'étude 1 (nombre total d'ouvertures de la carte divisé par le nombre total d'ouvertures d'un nœud de contenu). Pour chaque question, le taux d'utilisation de la carte pouvait varier de 0 (il n'y a aucune trace d'ouverture de la carte car l'élève a navigué via les mêmes fonctionnalités que le groupe « sans carte ») à 1 (tout au long du parcours, les traces de navigation montraient qu'une ouverture de la carte alternait régulièrement avec une ouverture d'un nœud de contenu). Ensuite, nous avons testé le taux d'utilisation de la carte selon les types de carte et les types de question. Enfin, les taux de précision et d'économie ont été calculés, pour chaque type de question et chaque condition de guidage. Pour ce faire, les formules de calcul identiques aux études précédentes ont été utilisées.

#### - Les difficultés perçues

Le sentiment de désorientation et la perception d'effort mental ont été mesurés avec les échelles déjà utilisées pour les études 1 et 3. Les cohérences internes respectives de l'échelle de mesure du sentiment de désorientation et de l'échelle de mesure de la

perception d'effort mental ont été vérifiées, avec le test alpha de Cronbach. Les tests étaient positifs pour la perception d'effort mental, en condition « sans carte » ( $\alpha = .81$ ), en condition « carte statique » ( $\alpha = .73$ ) et en condition « carte navigable » ( $\alpha = .88$ ). De même, les tests étaient positifs pour le sentiment de désorientation, en condition « sans carte » ( $\alpha = .90$ ), en condition « carte statique » ( $\alpha = .91$ ) et en condition « carte navigable » ( $\alpha = .81$ ).

#### - Les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture

Une adaptation de l'échelle de Likert conçue lors de l'étude 2 a été utilisée. Un texte d'introduction demandait aux élèves de donner leur avis sur le matériel de lecture qu'ils venaient d'utiliser. L'expérimentatrice a précisé à l'oral que par « matériel de lecture », il était entendu l'ensemble du matériel utilisé pour rechercher des informations pour répondre aux questions (c'est-à-dire la tablette et l'hypertexte lu sur la tablette). La cohérence interne des échelles de mesure de la FUP et de l'UP était satisfaisante pour les trois mesures. Les tests étaient positifs pour la FUP, respectivement en condition « sans carte » ( $\alpha = .81$ ), en condition « carte statique » ( $\alpha = .71$ ) et en condition « carte navigable » ( $\alpha = .81$ ). De même, les tests étaient positifs pour l'UP, respectivement en condition « sans carte » ( $\alpha = .83$ ), en condition « carte statique » ( $\alpha = .78$ ) et en condition « carte navigable » ( $\alpha = .75$ ).

### **3.3. Procédure**

La procédure présentait des similitudes avec celles des études 1 et 3. Seul le plan expérimental était différent (intra-sujets au lieu d'inter-sujets). Durant la première phase, les niveaux des ressources internes ont été mesurés (d'abord le SEP en lecture documentaire, puis les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et enfin, les connaissances initiales sur les trois thèmes dont traitaient les trois hypertextes). Durant la seconde phase les élèves se sont familiarisés avec le matériel de lecture. Ils ont travaillé avec un hypertexte traitant de la production d'électricité (le même que celui des études 1 et 3) successivement présenté dans les trois conditions de guidage. Les fonctionnalités de navigation respectives aux trois conditions de guidage ont été présentées, discutées, puis comparées les unes par rapport aux autres. La troisième phase concernait les tâches-tests : elle a duré trois semaines (une condition de guidage par semaine). Pour chaque tâche-test, les questions ont été données une à une. Plus précisément, la deuxième question a été donnée au fur et à mesure à chaque élève qui annonçait avoir terminé de traiter la première question, et ainsi de suite pour la troisième question. L'expérimentatrice a veillé à contre-balancer l'ordre des questions. Pour chaque question et pour chaque élève,

les temps de début et de fin d'activité de recherche d'information ont été notés. Pour limiter les éventuelles différences dues à la structure, au contenu de l'hypertexte et à des effets d'ordre de traitement des hypertextes, tous les élèves ont travaillé avec les trois conditions de guidage en contre-balançant les thèmes. Par exemple, l'élève E1 a d'abord travaillé avec l'hypertexte « *La France dans le monde* » en version « sans carte », puis avec l'hypertexte « *La planète Mars* » en version « carte statique » et enfin avec l'hypertexte « *Consommation d'électricité domestique* » en version « carte navigable ». L'élève E2 a d'abord travaillé avec l'hypertexte « *La planète Mars* » en version « carte navigable », puis avec l'hypertexte « *Consommation d'électricité domestique* » en version « sans carte » et enfin avec l'hypertexte « *La France dans le monde* » en version « carte statique ». L'élève E3 a d'abord travaillé avec l'hypertexte « *Consommation d'électricité domestique* » en version « carte navigable », puis avec l'hypertexte « *La France dans le monde* » en version « carte statique » et enfin, avec l'hypertexte « *La planète Mars* » en version « sans carte ». Avant de commencer chaque tâche-test, la tâche et la condition de guidage ont été annoncées (mais pas le thème dont traitait l'hypertexte). Puis, les élèves ont renseigné, juste avant la tâche-test, une seconde fois le questionnaire d'évaluation du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire. Puis, ils ont réalisé la tâche de recherche d'information. Juste après chaque tâche-test, les élèves ont renseigné le questionnaire d'évaluation des difficultés perçues (sentiment de désorientation et effort mental). Enfin, ils ont renseigné le questionnaire d'évaluation des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture.

## 4. Résultats

Après élimination des données non exploitables de trente-huit élèves, l'analyse a porté sur 71 élèves âgés en moyenne de 10.1 ans ( $ET = .53$ ). Nous avons commencé l'analyse statistique des données par la comparaison des taux d'utilisation des cartes respectivement aux conditions de guidage. Puis, nous avons testé les effets des conditions de guidage sur le SEP pré-tâche, les difficultés perçues et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture. Enfin, les effets des conditions de guidage et des types de question ont été testés, sur l'efficacité de la navigation (précision et économie) et sur les performances.

## 4.1. Analyse descriptive du profil initial des élèves

Les mesures des tendances centrales (moyennes) et des variabilités des données (écarts-types) des ressources internes initiales sont synthétisées dans le tableau 9. L'analyse descriptive montre que les élèves avaient très peu de connaissances initiales sur les trois thèmes dont traitaient les hypertextes. En moyenne, ils ont obtenu un score inférieur à 1 point sur les 9 points possibles ( $M = .47$  ;  $ET = .56$ ). Ainsi, cette variable n'a pas été retenue, en tant que covariable, pour les analyses suivantes.

Le niveau d'habiletés en recherche d'information dans un hypertexte était très modéré ( $M = 2.37$  ;  $ET = .77$ ), sur 4 points possibles. De même que le SEP en lecture documentaire ( $M = 62$  ;  $ET = 27.1$ , sur une échelle de 0 de 100). La normalité de la distribution des données a été vérifiée pour ces deux dernières variables. Les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement étaient compris entre  $-1.5$  et  $1.5$ .

Tableau 9 : Moyennes et écarts-types pour les ressources internes initiales

	Moyenne	Ecart-type
Connaissances initiales (score sur 9)	.47	.56
Habiletés en recherche d'information (score sur 4)	2.34	.77
SEP en lecture (échelle de 0 à 100)	62	27.1

## 4.2. Analyse des taux d'utilisation de la carte statique et de la carte navigable

D'abord, pour comparer le taux d'utilisation de la carte statique par rapport à celui de la carte navigable, nous avons réalisé un test de Student à mesures répétées. Les résultats ont montré que les élèves ont moins utilisé la carte statique que la carte navigable,  $t(70) = -14.7$ ,  $p < .001$ . Plus précisément, les élèves ont très peu utilisé « la carte statique » ( $M = .20$  ;  $ET = .15$ ) par rapport à la « carte navigable » ( $M = .68$  ;  $ET = .25$ ). Le taux d'utilisation de la carte statique correspondait, en moyenne, à une ouverture d'un nœud affichant la carte en plein écran pour 5 ouvertures de nœuds de contenu. Il est intéressant de noter que quelles que soient les conditions de guidage, les élèves n'ont pas systématiquement ouvert la carte entre deux ouvertures de nœuds de contenu (c'est-à-dire que le taux d'utilisation de la carte

était inférieur à 1, pour les deux conditions de guidage). Néanmoins, ces résultats ont validé l'hypothèse 1.

Ensuite, au-delà de notre hypothèse initiale, pour savoir s'il y avait une différence significative entre les taux d'utilisation des deux types de carte, selon les types de question, nous avons réalisé un test d'Anova à mesures répétées. Les deux types de carte (carte statique VS carte navigable) et les trois types de question (localisation avec correspondance, localisation sans correspondance et intégration sans correspondance) ont été introduits en tant que variables indépendantes manipulées en intra-sujets. Les habiletés en recherche d'information et le SEP initial en lecture documentaire ont été introduits en tant que covariables (continues). Le taux d'utilisation de la carte a été introduit en tant que variable dépendante (continue). Les résultats ont confirmé une différence significative entre les deux types de carte,  $F(1,68) = 168.70$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .32$ , mais il n'y avait pas de différence, selon les types de question,  $F(2,136) = 1.86$ ,  $p = .16$ . De plus, il n'y avait pas d'interactions significatives entre les types de carte et les types de question,  $F(2,136) = 1.50$ ,  $p = .22$ . Enfin, les habiletés ne prédisaient pas le taux d'utilisation des cartes,  $F(1,68) = .22$ ,  $p = .63$ , ni le SEP,  $F(1,68) = 1.32$ ,  $p = .25$ .

### 4.3. Analyse des effets des conditions de guidage et des ressources internes, sur le SEP pré-tâche

Le SEP en lecture documentaire a été mesuré au tout début de l'expérimentation (mesure initiale). Il a été mesuré une seconde fois après la phase de familiarisation, mais juste avant chacune des trois tâches-tests, après que les consignes et conditions de design du matériel de lecture aient été annoncées. Les moyennes et écarts-types se trouvent dans le tableau 10.

Tableau 10 : Moyennes et écarts-types du SEP initial et du SEP pré-tâche

	Moyenne	Ecart-type
SEP initial.	62	27.1
SEP pré-tâche en condition sans carte	67.5	24.3
SEP pré-tâche en condition carte statique	66.3	27.6
SEP pré-tâche en condition carte navigable	73.3	23.6

Un test d'Anova à mesures répétées a été réalisé avec les trois mesures du SEP pré-tâche. Les trois conditions de guidage (sans carte, carte statique et carte navigable) ont été introduites en tant que variables indépendantes manipulées en intra-sujets. Les habiletés en recherche d'information et le SEP initial en lecture documentaire ont été introduits en tant que covariables (continues). Nous avons testé explicitement les interactions entre les covariables et les facteurs intra-sujets. Les résultats ont montré qu'il y avait une tendance vers une différence entre les conditions de guidage. Mais le test n'était pas significatif,  $F(2,136) = 2.87, p = .06$ . Les tests post hoc ont toutefois montré que le SEP pré-tâche en condition « sans carte » était plus faible que le SEP pré-tâche en condition « carte navigable »,  $t(68) = -2.9, p = .012$ . De plus, le SEP pré-tâche en condition « carte statique » était plus faible que le SEP pré-tâche en condition « carte navigable »,  $t(68) = -3.73, p = .001$ . Mais il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique »,  $t(68) = .61, p = .81$ . De plus, globalement, le SEP initial prédisait le SEP pré-tâche,  $F(1,68) = 108.58, p < .001, \eta^2 = .39$ . Les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire n'avaient aucun effet significatif,  $F(1,68) = .001, p = .97$ . En somme, en moyenne, le niveau du SEP pré-tâche était plus élevé en condition « carte navigable » qu'en condition « sans carte » et qu'en condition « carte statique ». Mais il n'y a pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique ».

#### **4.4. Analyse des effets des conditions de guidage, des types de question et des ressources internes, sur l'efficacité de la navigation et sur les performances**

Les moyennes et écarts-types se trouvent dans le tableau 11 (ci-après).

Des tests d'Anova à mesures répétées ont été réalisés d'abord avec les taux de précision et d'économie, puis avec les performances. Pour chaque test, les trois conditions de guidage (sans carte, carte statique et carte navigable) et les trois types de question (localisation avec correspondance, localisation sans correspondance, intégration sans correspondance) ont été introduits en tant que variables indépendantes manipulées en intra-sujets. Les habiletés en recherche d'information et le SEP initial en lecture documentaire ont été introduits en tant que covariables (continues). Des termes d'interactions entre les covariables et les facteurs intra-sujets ont également été introduits.

Tableau 11 : Moyennes et écarts-types des niveaux d'efficacité de la navigation, selon les types de question et les conditions de guidage

Type de question	Condition de guidage	Moyenne	Ecart-type
Précision Loc AC (score de 0 à 1)	sans carte	.23	.19
	carte statique	.20	.15
	carte navigable	.45	.32
Précision Loc SC (score de 0 à 1)	sans carte	.22	.19
	carte statique	.17	.13
	carte navigable	.23	.23
Précision Int SC (score de 0 à 1)	sans carte	.26	.20
	carte statique	.30	.24
	carte navigable	.29	.20
Economie Loc AC (score de 0 à 1)	sans carte	.64	.23
	carte statique	.64	.23
	carte navigable	.73	.21
Economie Loc SC (score de 0 à 1)	sans carte	.55	.23
	carte statique	.58	.33
	carte navigable	.70	.21
Economie Int SC (score de 0 à 1)	sans carte	.46	.23
	carte statique	.51	.24
	carte navigable	.67	.23

#### ▪ Effets sur l'efficacité de la navigation

##### - Effet sur le taux de précision

Les résultats du test d'Anova ont montré qu'il y avait un effet principal des conditions de guidage,  $F(2,136) = 12.38$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .03$ . Les habiletés ne prédisaient pas la précision,  $F(1,68) = .25$ ,  $p = .61$ . Le SEP non plus,  $F(1,68) = 1.68$ ,  $p = .20$ .

Les tests post hoc selon les conditions de guidage ont montré qu'en moyenne, la précision était meilleure avec une carte navigable ( $M = .32$  ;  $ET = .16$ ) que sans carte, ( $M = .24$  ;  $ET = .21$ ),  $t(68) = 3.56$ ,  $p < .001$  et qu'avec une carte statique ( $M = .21$  ;  $ET = .12$ ),  $t(68) = 4.46$ ,  $p < .001$ . Mais, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et

« carte statique »,  $t(68) = 1.18, p = .46$ . Il y avait aussi une interaction significative entre les conditions de guidage et les types de question,  $F(4,268) = 11.21, p < .001$ .

Résultats des tests post hoc, selon les conditions de guidage et les types de question (cf. figure 26) :

- Pour une question de localisation avec correspondance lexicale, la précision était meilleure avec une carte navigable qu'avec une carte statique,  $t(68) = 6.78, p < .001$ . Mais, il n'y a pas de différence significative entre une carte statique et sans carte,  $t(68) = 1.87, p = .63$ .
- Pour une question de localisation sans correspondance lexicale, il n'y avait pas de différence significative entre une carte navigable et sans carte,  $t(68) = -.24, p = 1$ , ni entre une carte navigable et une carte statique,  $t(68) = -2.14, p = .45$ , ni entre une carte statique et sans carte,  $t(68) = 2.13, p = .46$ .
- Pour une question d'intégration sans correspondance lexicale, il n'y avait pas de différence significative entre une carte navigable et sans carte,  $t(68) = .76, p = .99$ , ni entre une carte navigable et une carte statique,  $t(68) = -.30, p = 1$ , ni entre une carte statique et sans carte,  $t(68) = .98, p = .98$ .

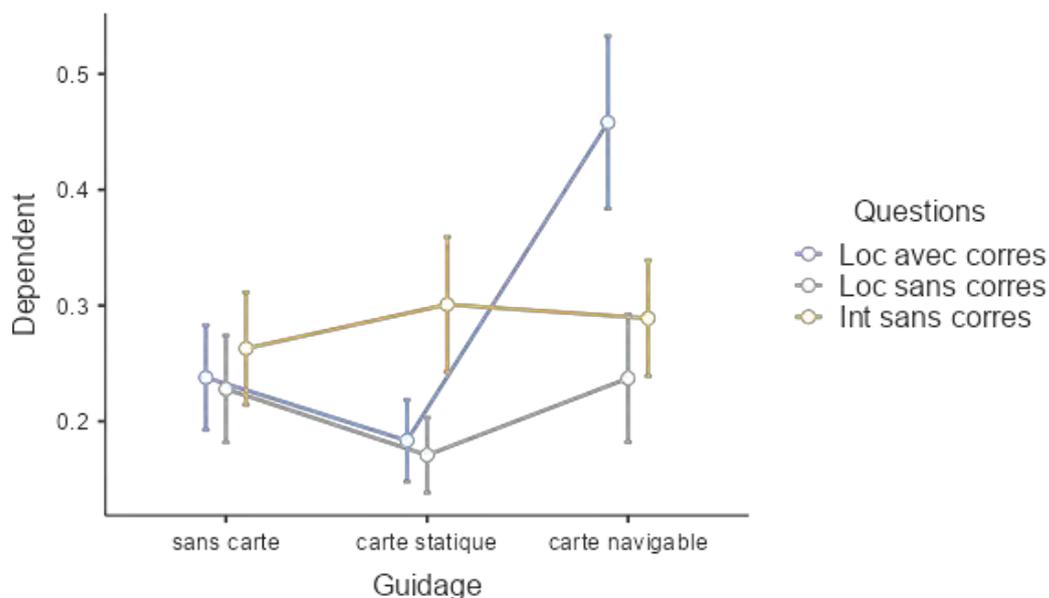


Figure 26 : Taux de précision, selon les conditions de guidage et les types de question

- Effet sur le taux d'économie

Les résultats du test d'Anova à mesures répétées ont montré qu'il y avait un effet principal des conditions de guidage,  $F(2,134) = 23.18$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .06$ . Les habiletés ne déterminaient pas le taux d'économie,  $F(1,67) = .22$ ,  $p = .64$ . Le SEP ne déterminait pas non plus le taux d'économie,  $F(1,67) = .48$ ,  $p = .48$ . Il n'y avait pas d'interactions significatives entre les conditions de guidage et les types de question,  $F(4,268) = 1.20$ ,  $p = .30$ .

Résultats des tests post hoc selon les conditions de guidage : comme le montre la figure 27, pour tous les types de question, avec une carte navigable, la navigation était plus économe ( $M = .70$  ;  $ET = .13$ ) qu'avec une carte statique ( $M = .58$  ;  $ET = .15$ ),  $t(67) = 5.11$ ,  $p < .001$  et que sans carte ( $M = .55$  ;  $ET = .13$ ),  $t(67) = 6.01$ ,  $p < .001$ . Mais, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « carte statique » ( $M = .58$  ;  $ET = .15$ ) et « sans carte » ( $M = .55$  ;  $ET = .13$ ),  $t(67) = 1.26$ ,  $p = .42$ .

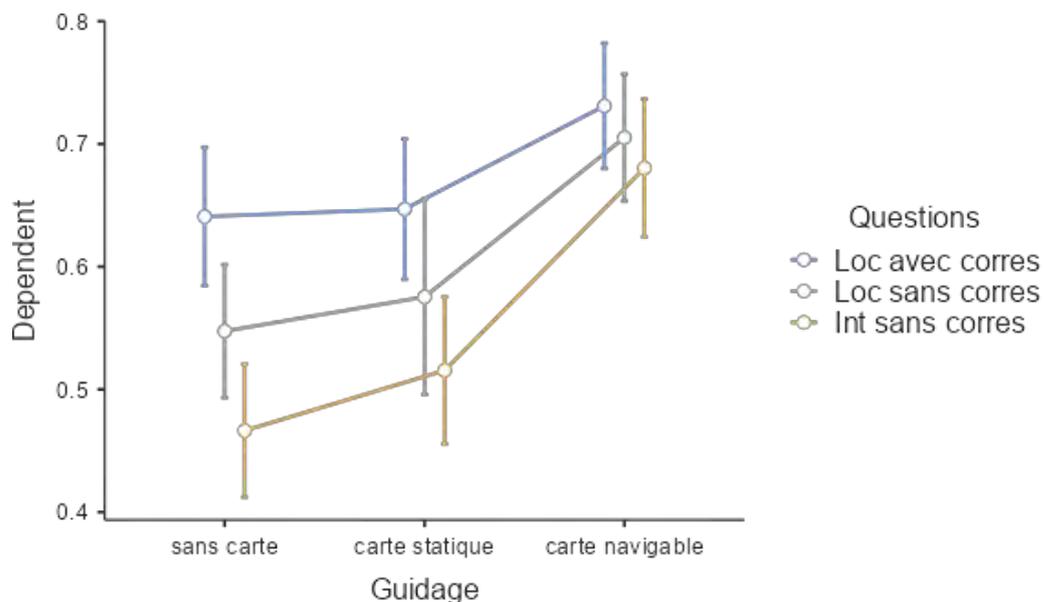


Figure 27 : Taux d'économie, selon les conditions de guidage et les types de question

► En somme, une carte navigable a favorisé une navigation précise, à condition qu'il y ait une correspondance lexicale terme à terme entre la question et un hyperlien dans la carte. De plus, une carte navigable a favorisé une navigation économe, pour tous les types de question. Les autres conditions de guidage ne soutenaient pas la navigation (ni au niveau de la précision, ni au niveau de l'économie).

## ▪ Effets sur les performances

Un test d'Anova à mesures répétées a été réalisé avec les performances. Les trois conditions de guidage (sans carte, carte statique et carte navigable) et les trois types de question (localisation avec correspondance, localisation sans correspondance, intégration sans correspondance) ont été introduits en tant que variables indépendantes manipulées en intra-sujets. Les habiletés en recherche d'information et le SEP initial en lecture documentaire ont été introduits en tant que covariables (continues). Nous avons explicitement testé les interactions entre les covariables et les facteurs intra-sujets. Les moyennes et écarts-types se trouvent dans le tableau 12 (infra).

Les résultats ont montré des différences significatives selon les conditions de guidage, indépendamment des types de question,  $F(2,136) = 7.29$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .02$ . De plus, les habiletés déterminaient les performances,  $F(1,68) = 6.71$ ,  $p = .01$ . Mais le SEP n'avait pas d'effet significatif,  $F(1,68) = 1.83$ ,  $p = .18$ . Les tests post hoc, uniquement selon les conditions de guidage, ont montré que les performances étaient meilleures avec une carte navigable ( $M = .61$  ;  $ET = .27$ ) qu'avec une carte statique ( $M = .46$  ;  $ET = .34$ ),  $t(68) = 2.99$ ,  $p = .01$ . Elles étaient également meilleures sans carte ( $M = .63$  ;  $ET = .28$ ) qu'avec une carte statique ( $M = .46$  ;  $ET = .34$ ),  $t(68) = 3.43$ ,  $p = .003$ . Mais il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « carte navigable » ( $M = .61$  ;  $ET = .27$ ) et « sans carte » ( $M = .63$  ;  $ET = .28$ ),  $t(68) = -.38$ ,  $p = .92$ .

Cependant, il y avait une interaction significative entre les conditions de guidage et les types de question,  $F(4,272) = 2.60$ ,  $p = .03$ . Comme le montre la figure 28, avec une carte navigable, il n'y avait pas de différence significative entre une question de localisation avec correspondance lexicale et une question de localisation sans correspondance lexicale,  $t(68) = 2.81$ ,  $p = .13$ . En revanche, dans cette condition de guidage, les performances étaient meilleures pour une question de localisation avec correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 8.58$ ,  $p < .001$  et les performances étaient meilleures pour une question de localisation sans correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 5.32$ ,  $p < .001$ . Par ailleurs, avec une carte statique, il n'y avait pas de différence significative entre une question de localisation avec correspondance lexicale et une question de localisation sans correspondance lexicale,  $t(68) = 1.08$ ,  $p = .97$ . En revanche, toujours avec une carte statique, les performances étaient meilleures pour une question de localisation avec correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 5.45$ ,  $p < .001$  et les performances étaient meilleures pour une question de

localisation sans correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 4.20, p = .002$ . Le même schéma de résultats se trouvait sans carte : il n'y avait pas de différence significative entre une question de localisation avec correspondance lexicale et une question de localisation sans correspondance lexicale,  $t(68) = -.67, p = .99$ . En revanche, les performances étaient meilleures pour une question de localisation avec correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 6.76, p < .001$  et les performances étaient meilleures pour une question de localisation sans correspondance lexicale que pour une question d'intégration sans correspondance lexicale,  $t(68) = 9.05, p < .001$ . Autrement dit, quelles que soient les conditions de guidage, il n'y avait pas de différence significative entre les questions de localisation avec correspondance lexicale et les questions de localisation sans correspondance lexicale. Mais, les performances étaient toujours plus faibles pour une question d'intégration que pour une question de localisation. Enfin, les performances pour une question de localisation sans correspondance lexicale étaient meilleures sans carte qu'avec une carte statique,  $t(68) = -3.8, p = .009$ . Mais, pour ce type de question, il n'y avait pas de différence significative entre une carte navigable et une carte statique,  $t(68) = -1.97, p = .56$  ni entre une carte navigable et sans carte,  $t(68) = 1.68, p = .75$ .

Tableau 12 : Les moyennes et écarts-types des performances, selon les conditions de guidage et les types de question

Types de question	Condition guidage	Moyenne	Ecart-type
Q Loc, AC (score de 0 à 1)	sans navigable	.77	.42
	carte statique	.60	.49
	carte navigable	.85	.35
Q Loc, SC (score de 0 à 1)	sans navigable	.81	.39
	carte statique	.53	.50
	carte navigable	.69	.46
Q Int, SC (score de 0 à 1)	sans navigable	.32	.44
	carte statique	.26	.40
	carte navigable	.30	.42

Q Loc = question de localisation      AC = avec correspondance  
 Q Int = question d'intégration      SC = sans correspondance

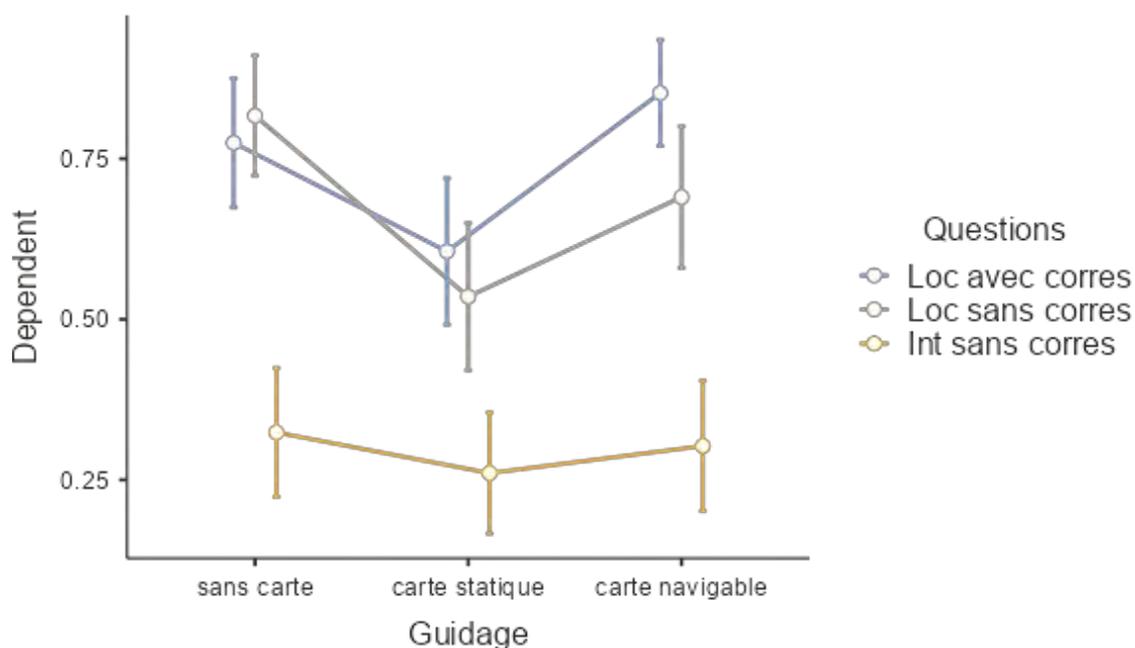


Figure 28 : Performances moyennes, selon les types de question et les conditions de guidage

#### 4.5. Effets des conditions de guidage et des ressources internes, sur les difficultés perçues et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture

Des tests d'Anova à mesures répétées ont été réalisés successivement avec le sentiment de désorientation, les perceptions d'effort mental, puis avec les perceptions de qualités instrumentales (UP et FUP). Pour chaque test, les trois conditions de guidage (sans carte, carte statique et carte navigable) ont été introduites en tant que variables indépendantes manipulées en intra-sujets. Les habilités en recherche d'information et la mesure initiale du SEP en lecture documentaire ont été introduites en tant que covariables (continues). Des termes d'interactions entre les covariables et les facteurs intra-sujets ont été testés également.

- **Analyse des effets des conditions de guidage et des ressources internes, sur les difficultés perçues**

Les moyennes et écarts-types sont indiqués dans le tableau 13 (infra).

- Effets sur le sentiment de désorientation

Les résultats ont montré des différences significatives selon les conditions de guidage, avec un effet de petite taille,  $F(2,136) = 3.73, p = .026, \eta^2 = .013$ . Les tests post hoc ont révélé que le sentiment de désorientation était moins fort avec une carte navigable que sans carte,  $t(68) = -2.81, p = .017$ . Par contre, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique »,  $t(68) = 1.67, p = .22$ , ni entre les conditions « carte statique » et « carte navigable »,  $t(68) = .98, p = .58$ . Par ailleurs, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé prédisaient le sentiment de désorientation,  $F(1,68) = 12.30, p < .001, \eta^2 = .06$ . De même que le SEP initial en lecture documentaire,  $F(1,68) = 4.11, p = .04, \eta^2 = .02$ .

- Effets sur les perceptions d'effort mental

Les résultats ont montré un effet principal des conditions de guidage, avec un effet de petite taille,  $F(2,136) = 3.99, p = .021, \eta^2 = .013$ . Les tests post hoc ont révélé que les perceptions d'effort mental étaient moins fortes avec une carte navigable que sans carte,  $t(68) = -3.03, p = .01$ . Par contre, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique »,  $t(68) = 1.42, p = .33$ , ni entre les conditions « carte statique » et « carte navigable »,  $t(68) = 1.31, p = .39$ . Par ailleurs, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé prédisaient les perceptions d'effort mental,  $F(1,68) = 9.71, p = .003, \eta^2 = .05$ . Le SEP en lecture documentaire n'avait pas d'effet significatif,  $F(1,68) = 2.51, p = .19, \eta^2 = .01$ .

Tableau 13 : Moyennes et écarts-types des niveaux de difficultés perçues mesurés en post-tâche, selon les conditions de guidage

	Condition de guidage	Moyenne	Ecart-type
Sentiment de désorientation (échelle de 0 à 10)	sans carte	4.40	2.98
	carte statique	3.78	2.98
	carte navigable	3.40	3.17
Perceptions d'effort mental (échelle de 0 à 10)	sans carte	4.48	2.95
	carte statique	3.95	2.8
	carte navigable	3.48	3.03

► En somme, les résultats allaient dans le même sens, pour le sentiment de désorientation et pour les perceptions d'effort mental. Les difficultés perçues étaient moins fortes avec une carte navigable que sans carte ou avec une carte statique. En revanche, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique ».

▪ **Analyses des effets des conditions de guidage et des ressources internes sur les perceptions de qualités instrumentales (FUP et UP)**

Les moyennes et écarts-types sont indiqués dans le tableau 14.

Tableau 14 : Moyennes et écarts-types des perceptions de qualités instrumentales, selon les conditions de guidage

	<b>Condition</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
UP (échelle de - 2 à 2)	sans carte	.29	.88
	carte statique	.47	.89
	carte navigable	.94	.72
FUP (échelle de - 2 à 2)	sans carte	.68	.84
	carte statique	.86	.77
	carte navigable	1.28	.79

- Effet sur la facilité d'usage perçue (FUP)

Les résultats des tests ont montré un effet principal des conditions de guidage,  $F(2,136) = 12.71$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .07$ . D'après les tests post hoc, la FUP était moins forte sans carte qu'avec une carte navigable,  $t(68) = - 4.65$ ,  $p < .001$ . Elle était aussi moins forte avec une carte statique qu'avec une carte navigable,  $t(68) = - 3.73$ ,  $p = .001$ . Par contre, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique »,  $t(68) = - 1.1$ ,  $p = .34$ . Par ailleurs, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé ne prédisaient pas la FUP,  $F(1,68) = .46$ ,  $p = .50$  alors que le SEP initial en lecture documentaire la soutenait,  $F(1,68) = 26.03$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .09$ .

## - Effet sur l'utilité perçue (UP)

Les résultats des tests ont montré un effet principal des conditions de guidage,  $F(2,136) = 14.95$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .076$ . Les tests post hoc ont révélé que l'UP était moins forte sans carte qu'avec une carte navigable,  $t(68) = - 5.74$ ,  $p < .001$  et elle était moins forte avec une carte statique qu'avec une carte navigable,  $t(68) = - 3.52$ ,  $p = .002$ . Par contre, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « sans carte » et « carte statique »,  $t(68) = - 1.49$ ,  $p = .30$ . Par ailleurs, les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé ne prédisaient pas l'UP,  $F(1,68) = 2.41$ ,  $p = .12$  alors que le SEP initial en lecture documentaire soutenait l'UP,  $F(1,68) = 17.50$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .06$ .

► En somme, les résultats allaient dans le même sens pour la FUP et pour l'UP. Les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture étaient meilleures avec une carte navigable que sans carte ou avec une carte statique. En revanche, contrairement à nos attentes, il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « carte statique » et « sans carte ». Le fait que les élèves n'aient pas utilisé la carte statique pourrait expliquer cette absence de différence. Autrement dit, sans avoir utilisé la carte statique, les élèves se sont retrouvés dans la condition « sans carte ».

## 5. Discussion et perspectives

### 5.1. Rappel des principaux objectifs

Pour cette dernière étude, nous avons visé quatre principaux objectifs. Le premier était de tester le comportement des élèves vis-à-vis d'une carte mise à leur disposition : selon qu'elle soit navigable ou statique. Le deuxième objectif était d'examiner le caractère « permanent » du niveau du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire : savoir si le SEP évoluerait durant la phase de familiarisation selon les conditions de guidage présentées durant cette phase. Le troisième objectif était de préciser les effets de la carte selon les types de question. Le quatrième objectif visait à examiner les effets des conditions de guidage sur l'acceptation du matériel de lecture mis à la disposition des élèves pour réaliser la tâche. Enfin, au niveau de la méthode expérimentale, nous avons l'intention d'essayer de limiter les biais liés à des

différences dues à la structure et au contenu de l'hypertexte et à des différences inter-individuelles : variables que nous n'avons pas contrôlées lors des études 1 et 3.

Pour atteindre ces objectifs, un plan factoriel intra-sujets 3 x 3 a été choisi. Trois conditions de guidage (sans carte, avec une carte statique et avec une carte navigable) ont été testées pour répondre à trois types de question : une question de localisation avec correspondance lexicale entre la question et un indice de structure de l'hypertexte ou de la carte (Q Loc AC), une question de localisation sans correspondance lexicale (Q Loc SC) et une question d'intégration sans correspondance lexicale (Q Int SC). De plus, pour tester l'hypothèse 2 (effets sur le SEP pré-tâche), nous avons réalisé une mesure initiale du SEP puis une seconde mesure juste avant la tâche-test. Entre les deux mesures, au cours de la phase de familiarisation, les élèves ont reçu des instructions sur les fonctionnalités de navigation pour rechercher des informations. Enfin, pour tester les effets des conditions de guidage sur les aspects ergonomiques (acceptation), nous avons adapté les items, pour interroger les élèves vis-à-vis du matériel de lecture et non uniquement vis-à-vis de la tablette.

## 5.2. Synthèse des résultats de l'étude 4

La [figure 29](#) présente le modèle général des relations observées entre les ressources internes d'une part, et les ressources externes, d'autre part (les conditions de guidage et les types de question), sur la recherche d'information et l'acceptation du matériel de lecture donné pour réaliser la tâche. Nous avons commenté ce modèle et discuté des résultats de l'étude 4, ci-après.

### ▪ Résultats quant au taux d'utilisation de la carte

Comme prévu, les élèves n'ont pas systématiquement utilisé la carte mise à leur disposition. Il y avait une différence significative, selon les cartes. Les élèves ont très peu utilisé la carte statique par rapport à la carte navigable. Ce comportement vis-à-vis d'une carte statique a déjà été observé chez des adultes (Urakami, 2019). Quant à la carte navigable : le taux d'utilisation n'était pas maximal. Ces deux cartes se différençaient seulement au niveau de la fonctionnalité « navigable » : cette fonctionnalité incitait les élèves à utiliser une carte. Tandis que la fonctionnalité « aperçu de structure » seule n'intéressait pas les élèves. Ainsi, avant d'utiliser une carte, les élèves auraient analysé le bénéfice-coût lié à l'utilisation de ladite carte.

Ces résultats abondent dans le sens des principes sous-tendus par le modèle RESOLV (Rouet & Britt, 2017). Il est donc important de prendre en considération cette sous utilisation de la carte statique dans l'interprétation des résultats suivants (effets des conditions de guidage sur la navigation, les difficultés perçues, les performances et les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel). En effet, comme le taux d'utilisation de la carte statique était très faible, dans cette condition, les élèves ont quasiment travaillé dans une condition de guidage similaire de la condition « sans carte ».

#### ▪ **Résultats quant aux déterminants du SEP pré-tâche**

Comme prévu, avec une carte navigable, le SEP pré-tâche était plus élevé qu'avec une carte statique ou sans carte. Mais il n'y avait pas de différence significative entre les conditions « carte statique » et « sans carte ». Ce résultat soutient l'idée que le contexte pédagogique influence les aspects motivationnels. Savoir qu'ils allaient travailler avec une carte navigable pour rechercher des informations dans un hypertexte a soutenu le sentiment d'efficacité personnelle des élèves à réussir la tâche en question. Toutefois, savoir qu'ils allaient travailler avec une carte statique ou sans carte n'a pas eu d'effet sur leur sentiment d'efficacité personnelle. Ces résultats tendent à confirmer que le SEP est une variable sensible aux conditions pédagogiques (Guthrie & Klauda, 2014). Il semblerait que ce soit aussi une variable « instable » (non permanente). Du point de vue méthodologique, ces résultats indiquent que les groupes n'étaient peut-être plus équivalents du point de vue du SEP lorsqu'ils ont commencé à rechercher les informations. Il est tentant de mettre en relation ces résultats avec le taux d'utilisation du matériel. En ce sens, il serait intéressant d'approfondir les investigations pour savoir si et dans quelle mesure le SEP pré-tâche prédirait le comportement vis-à-vis des ressources externes. Enfin, il serait intéressant de suivre l'évolution du SEP au cours d'une étude longitudinale.

#### ▪ **Résultats quant aux effets des conditions de guidage sur l'efficacité de la navigation et sur les performances, selon les types de question**

Conformément à nos attentes, les effets des conditions de guidage, sur la navigation et les performances, dépendaient des types de question. Comme prévu, globalement, une carte navigable a soutenu la navigation et les performances. Nous nous attendions à ce qu'une carte statique soutienne également la navigation et les performances mais dans une moindre mesure par rapport à une carte navigable. Ceci n'a pas été observé. Au contraire, en condition « carte statique », les processus cognitifs sous-jacents auraient été entravés. En effet, indépendamment des types de question, il n'y a pas eu de différence significative entre

les conditions « sans carte » et « carte statique », au niveau de la qualité de la navigation (précision et l'économie). Cette absence de différence entre les conditions « sans carte » et « carte statique » pourrait s'expliquer par le fait que les élèves n'ont pratiquement pas utilisé la carte statique. Ainsi, en condition de guidage « carte statique », ils se sont retrouvés à réaliser la recherche d'information dans des conditions similaires à la condition de guidage « sans carte ». En ce sens, logiquement, il n'aurait pas dû y avoir des différences de performances entre les conditions « carte statique » et « sans carte ». Or, ce n'était pas le cas. Les résultats ont montré que les performances étaient plus faibles avec une carte statique que sans carte. Il est intéressant de noter que nous avons obtenu des résultats similaires lors de l'étude 3 chez les élèves qui avaient travaillé avec une carte imprimée. Dans l'étude 3, nous n'avions pas les moyens de savoir comment les élèves s'étaient comportés avec une carte imprimée. Dans cette étude 4, grâce à la collecte de traces de navigation, nous savons que les élèves n'ont pratiquement pas utilisé la carte statique. Il est donc difficile d'attribuer la baisse des performances à l'utilisation de la carte statique puisque les élèves ne l'ont pratiquement pas utilisée. Une interprétation plausible se trouverait du côté d'une perturbation liée au fait d'ignorer la carte statique sachant que ce dispositif de guidage faisait partie du matériel mis à disposition pour réaliser la tâche et que l'expérimentatrice avait insisté durant la phase de familiarisation sur l'utilisation de cette carte. Autrement dit, ne pas utiliser la carte statique revenait à lutter contre une norme subjective (c'est-à-dire ne pas se conformer à l'utilisation de la carte statique alors que l'expérimentatrice/enseignante a expliqué à quoi cela peut servir et comment s'en servir).

Par ailleurs, les résultats de cette étude ont permis de nuancer les potentialités d'une carte navigable à soutenir une activité de recherche d'information dans un hypertexte. Comme prévu, une carte navigable a permis une navigation plus précise mais uniquement pour une question de localisation avec correspondance lexicale. Sans correspondance lexicale, que ce soit pour une question de localisation ou pour une question d'intégration, il n'y avait pas de différence significative dans la précision. De plus, une carte navigable a soutenu une navigation économe pour les trois types de question. Une carte navigable permettait d'ouvrir un à un chaque nœud de contenu et de mémoriser le contenu pour ainsi éviter de rouvrir des nœuds. Ainsi, finalement, par rapport aux conditions « sans carte » et « carte statique », avec une carte navigable, les élèves sont parvenus à localiser les nœuds-cibles, avec une meilleure économie mais pas toujours avec une meilleure précision. Pour autant, la carte navigable n'a pas aidé les élèves à intégrer les informations. Ainsi, une carte navigable n'aiderait pas les élèves à traiter les questions d'intégration. Cependant, il est aussi possible que les élèves n'aient pas su utiliser une carte navigable, dans l'objectif de soutenir des processus d'intégration, ou, tout simplement, n'aient pas su traiter une question d'intégration.

Quoi qu'il en soit, finalement, nos résultats s'opposent à ceux de Salmeron et Garcia (2012). Cependant, ils sont cohérents avec les résultats des travaux qui soutiennent que pour un enfant, en l'absence de correspondance lexicale entre la question et un indice de structure, il est plus compliqué - voire à la limite des capacités d'un enfant de fin d'école primaire (Rouet & Coutelet, 2008) - de localiser et intégrer deux informations que de localiser et extraire une seule information (Cerdán et al., 2011 ; Rouet & Coutelet, 2008 ; Salmerón et al., 2015). In fine, nos résultats nous amènent plutôt à soutenir l'idée qu'une carte navigable favorise les performances lorsque les élèves doivent répondre à une question de localisation (que ce soit avec ou sans correspondance lexicale) mais pas à une question d'intégration. Enfin, à propos de l'effet d'une carte navigable sur les perceptions de difficultés, les résultats étaient similaires pour l'effort mental et pour le sentiment de désorientation. Avec une carte navigable, les difficultés perçues étaient moins importantes que sans carte. Cependant, il n'y avait pas de différence significative avec une carte statique et une carte navigable. Toutefois, les différences n'étaient pas importantes. Une interprétation serait qu'une carte navigable / l'utilisation de la carte navigable, tout en soutenant certains processus cognitifs, occasionne un effort mental et un sentiment de désorientation non négligeable. Néanmoins, la carte statique n'a pas occasionné plus de difficultés qu'une carte navigable, contrairement aux résultats de certaines études (Bezdan et al., 2013 ; Urakami, 2019) : peut-être parce que les élèves ont très peu utilisé la carte statique.

- **Concernant les perceptions de qualités instrumentales**

Les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture étaient clairement supérieures en condition « carte navigable » que dans les deux autres conditions. En comparant ces résultats à ceux obtenus lors de l'étude 3 (pas d'effet de la carte navigable sur les perceptions), ces résultats tendent à montrer qu'il ne suffit pas de focaliser les items sur une tâche pour évaluer les perceptions des enfants (Amadiou et al., 2016). Ils nous amènent aussi à soutenir l'idée que les enfants ont des perceptions fines vis-à-vis des qualités instrumentales. Ils distingueraient les qualités vis-à-vis des tablettes et les qualités vis-à-vis du matériel de lecture lu sur la tablette. Pour s'en assurer, il faudrait concevoir une échelle de mesure comportant des items orientés vers la tablette, d'autres orientés vers les hypertextes et encore d'autres orientés vers la carte.

- **Concernant les effets des habiletés en recherche d'information sur papier et du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire**

Contrairement à nos attentes, ces variables n'ont pas systématiquement prédit, à la fois, la recherche d'information et l'acceptation. Ensuite, comme pour l'étude 3, les habiletés et le SEP ont eu tendance à avoir des implications complémentaires. Les habiletés ont prédit les performances mais pas l'UP, ni la FUP. C'était le contraire pour le SEP. Par ailleurs, les habiletés n'ont prédit la navigation ; le SEP non plus. Enfin, à la fois les habiletés et le SEP ont prédit les difficultés perçues. Ce dernier résultat est cohérent avec la Théorie de la charge cognitive (Choi et al., 2014 ; Sweller et al., 2019).

Le fait que les habiletés en recherche d'information prédisent les performances va dans le sens de l'état de l'art (Naumann, 2015b ; Salmerón et al., 2018). Le fait que le SEP prédisent les perceptions de qualités instrumentales va également dans le sens de l'état de l'art (Juarez Collazo et al., 2014). L'absence d'effet des habiletés sur la navigation pourrait s'expliquer par le fait que l'implication des habiletés dans la navigation n'est pas systématique : cela dépendrait des questions (Naumann & Salmerón, 2016 ; Salmerón et al., 2017). Par contre, l'absence d'effet du SEP vis-à-vis de la lecture, sur la navigation et les performances, est décalée par rapport au modèle d'engagement dans la lecture (Guthrie et al., 2013 ; Guthrie & Klauda, 2014). Une interprétation serait que les enfants ont trop peu d'habiletés métacognitives vis-à-vis de la recherche d'information dans un hypertexte pour mobiliser les ressources internes dans la navigation (habiletés et SEP). Il est aussi possible que les élèves n'aient pas vu les similitudes entre la recherche d'information dans un document non linéaire imprimé et un hypertexte, car ils étaient novices en recherche d'information dans un hypertexte.

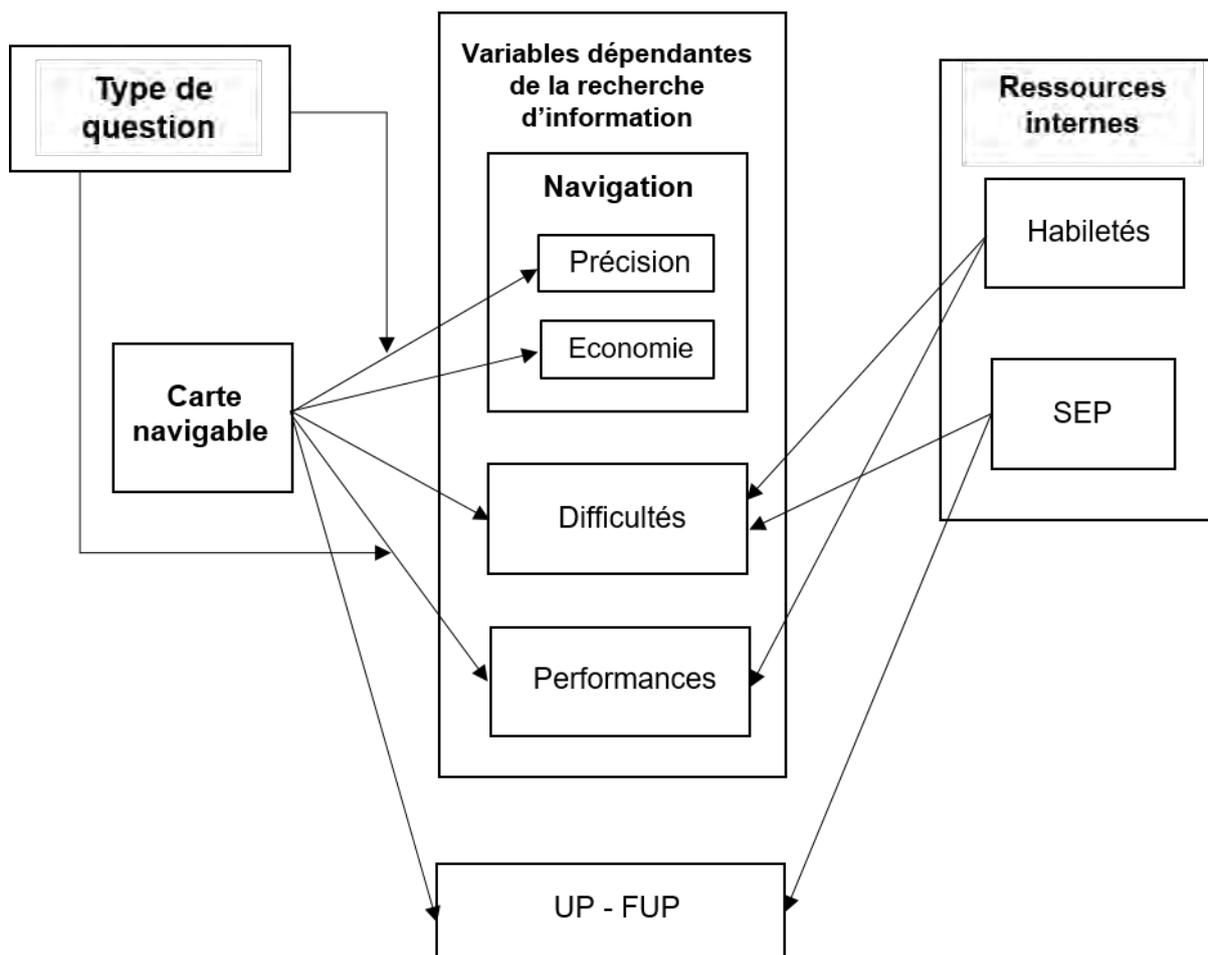


Figure 29 : Modèle de relations entre les variables, pour l'étude 4

### 5.3. Apports, limites et perspectives

Cette étude s'ajoute à celles qui soutiennent qu'une carte navigable peut aider un élève de fin d'école primaire à exécuter une tâche de recherche d'information dans un hypertexte. Toutefois, nos résultats ont indiqué qu'une carte navigable agirait surtout sur les aspects motivationnels. Ainsi, nous avons, là, un exemple supplémentaire qui soutient l'idée que le SEP vis-à-vis d'une tâche est sensible aux choix pédagogiques de l'enseignant.e (Guthrie et al., 2012). Ces éléments théoriques bien identifiés dans un environnement de travail traditionnel concerneraient aussi de jeunes apprenants dans un environnement de travail digitalisé. Ensuite, notre étude a contribué à mieux comprendre l'implication des variables motivationnelles comme le SEP vis-à-vis de la tâche réalisée avec le numérique. Plus précisément, l'idée que le SEP prédit les perceptions de qualités instrumentales, lorsque les

fonctionnalités de l'outil numérique sont expliquées (Juarez Collazo et al., 2014), semble de confirmer. Enfin, d'après nos résultats, les élèves évalueraient leurs difficultés perçues au regard de leurs ressources initiales : en l'occurrence, à la fois, au regard de leur sentiment d'efficacité personnelle et au regard de leurs habiletés.

Cependant, une première limite se situe au niveau du plan expérimental : un plan à mesures répétées a pu biaiser les résultats. En effet, en répétant les phases de familiarisation et les phases de recherche d'information dans des conditions de guidage différentes, il est possible que des élèves aient compris l'objectif principal de la thèse. Il est aussi possible que nous ayons induit une sorte « d'effet Pygmalion ». Formuler une hypothèse en termes de plus-value d'une carte navigable par rapport à d'autres conditions de guidage n'est sans doute pas neutre. En effet, au départ, nous avons émis l'hypothèse que la carte navigable soutiendrait les processus cognitifs. Même si nos hypothèses étaient fondées sur l'état de l'art et même si nous avons veillé à entourer les expériences de rigueur scientifique, il est possible que le fait de croire en la « réussite » des élèves avec une carte navigable ait renforcé leur SEP et leur taux d'utilisation de la carte navigable (voire diminué leur niveau de perception de difficultés et favorisé les performances). Une perspective serait que l'expérimentation soit menée par une personne qui n'a aucune connaissance scientifique sur les déterminants de la recherche d'information dans un hypertexte, ni sur les effets des ressources externes, ni sur les hypothèses. Une autre perspective serait de manipuler les informations apportées durant la phase de familiarisation sur les fonctionnalités de navigation, dans les différentes conditions. Par ailleurs, le plan à mesures répétées a pu biaiser les résultats, du fait de l'étalement de l'expérimentation sur trois semaines. Il est possible que dans l'intervalle, les élèves aient développé des ressources internes, notamment l'expérience dans l'utilisation d'un hypertexte. Enfin, même si nous avons prévu une organisation matérielle et des ressources humaines en conséquence, pour assurer scrupuleusement le contre-balancement dans le contenu de l'hypertexte, les conditions de guidage et les types de question, nous ne pouvons pas exclure tout effet d'ordre.

Une seconde limite est liée du fait qu'en condition de guidage « carte statique », les élèves ont très peu utilisé la carte. Pour tester les effets des deux cartes par rapport à la condition de guidage « sans carte », il faudrait que les élèves soient contraints de les utiliser.

## 6. Conclusion du chapitre 8

L'objectif principal de cette étude était de tester les effets des habiletés, du SEP vis-à-vis de la lecture documentaire et des conditions de guidage, selon les types de question.

D'abord, les résultats tendent à confirmer que les habiletés prédisent plutôt les performances et le SEP prédit plutôt les perceptions. De plus, de nouveau dans cette étude, les habiletés n'ont pas prédit la navigation.

Ensuite, nos résultats ont montré que les élèves n'ont pas le même comportement vis-à-vis d'une carte statique que vis-à-vis d'une carte navigable. Il semblerait que les élèves soient intéressés par la fonctionnalité « navigable » d'une carte car ils se sont détournés d'une carte statique. Ainsi, en condition « carte statique », les élèves se sont retrouvés quasiment dans la condition de guidage « sans carte ». Ceci pourrait expliquer qu'au niveau de l'efficacité de la navigation, des difficultés perçues et des perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture, il n'y avait pas de différences significatives entre les conditions « sans carte » et « carte statique ».

Ensuite, cette étude a permis de nuancer les résultats des études 1 et 3 à propos des effets d'une carte navigable. Globalement, la navigation était plus précise avec une carte navigable qu'avec une carte statique ou sans carte. Cependant, en examinant les résultats selon les types de question, force a été de constater que ceci était vérifié uniquement pour une question de localisation avec correspondance lexicale. Ensuite, la carte navigable a soutenu l'économie, pour tous les types de question. Enfin, avec une carte navigable les performances étaient meilleures pour traiter une question de localisation (avec ou sans correspondance lexicale) et non une question d'intégration.

Enfin, dans cette étude, nous avons testé les effets d'une carte navigable sur les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel de lecture pour rechercher des informations et non vis-à-vis de la tablette. Les résultats ont montré que les perceptions étaient meilleures avec une carte navigable par rapport aux conditions « sans carte » et « carte statique ». Cependant, il est possible que le plan expérimental à mesures répétées ait accentué les perceptions en faveur de la condition « carte navigable ». De plus, le fait d'avoir pu tester les trois conditions de guidage durant la phase de familiarisation a pu induire des comportements et perceptions vis-à-vis du matériel de lecture selon les différentes conditions de guidage. Notamment, il est possible que les élèves aient commencé leurs activités de recherche d'information respectives en ayant une perception favorable quant aux qualités instrumentales du matériel de lecture, en condition de guidage « carte navigable ».

# DISCUSSION GENERALE

## 1. Introduction

Cette thèse est partie d'un problème du terrain. Des écoles élémentaires ont été équipées en tablettes iPad, dans le cadre du Plan numérique 2015, avec l'ambition de développer la littératie numérique scolaire dès l'école primaire. Dans ce contexte, des enseignant.e.s souhaitaient initier, leurs élèves de fin d'école primaire, à la recherche d'information dans un hypertexte. Il.elle.s s'interrogeaient sur les moyens de soutenir leurs élèves novices en la matière. Le problème général du terrain était de pouvoir assurer à la fois l'efficacité de la recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette et l'acceptation de la tablette pour rechercher des informations dans un hypertexte.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail de thèse était d'examiner le potentiel prédictif de cartes (aperçus graphiques de la structure physique et sémantique du contenu de l'hypertexte) et de caractéristiques d'élèves de fin de cycle 3 (variables cognitives et motivationnelles) et leurs interactions, sur l'efficacité de la navigation et les performances en recherche d'information, sur les difficultés perçues et sur l'acceptation du matériel de recherche d'information. Notre hypothèse générale était que des mêmes variables personnelles et de design de l'hypertexte (carte navigable implémentée dans l'hypertexte) prédiraient à la fois la recherche d'information dans un hypertexte lu sur tablette et l'acceptation des tablettes pour réaliser une tâche de recherche d'information (perceptions de qualités instrumentales). Concernant les caractéristiques des élèves, nous avons prévu qu'à côté des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé, des aspects motivationnels soient également impliqués (notamment le SEP en lecture documentaire). Enfin, dans le modèle MD-TRACE, comme dans les modèles de l'acceptation, les effets des ressources internes / caractéristiques de l'utilisateur et les effets des ressources externes / propriétés du matériel numérique, sont considérés plutôt de manière indépendante. Or, selon les principes de base de la lecture fonctionnelle (Snow, 2002), entre autres, le matériel de lecture et le lecteur sont en interactions. Les principes de la Théorie de la charge cognitive vont dans le même sens. Pour ces raisons, il nous a paru important d'examiner les interactions entre les ressources internes et une carte navigable.

## **2. Synthèse des résultats et leur situation par rapport à l'état de l'art**

### **2.1. Effets des habiletés en recherche d'information et du SEP en lecture documentaire, sur la recherche d'information et sur l'acceptation**

#### **▪ Effet des habiletés sur la recherche d'information**

Les résultats de cette thèse ont montré que les habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé sont mobilisées pour rechercher des informations dans un hypertexte (études 1, 3 et 4). Ces résultats ont conforté l'idée que la recherche d'information dans un hypertexte est bien une activité de lecture fonctionnelle. Ainsi, il est pertinent d'utiliser un test d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information sur papier, pour examiner le potentiel prédictif de ces habiletés en recherche d'information dans un hypertexte (Llorens Tatay et al., 2011 ; Salmerón et al., 2018). Cependant, les habiletés en recherche d'information sur papier n'ont jamais prédit l'efficacité de la navigation, pour tous les types de question (cf. étude 4). D'après l'état de l'art (Naumann & Salmerón, 2016 ; Salmerón et al., 2017), nous nous attendions à ce que les habiletés ne soient pas mobilisées pour naviguer à la recherche de l'information pertinente pour répondre à une question de localisation avec correspondance lexicale entre la question et un mot-clef dans le sous-titre du nœud-cible (car c'est une tâche peu exigeante). Mais, contre toute attente, les habiletés n'ont pas prédit, non plus, l'efficacité de la navigation, pour répondre à des questions de localisation et d'intégration sans correspondance lexicale (c'est-à-dire pour des tâches complexes). Deux principales interprétations pourraient expliquer l'absence d'effet des habiletés sur la navigation.

La première interprétation serait que les habiletés en recherche d'information dans un document imprimé ont prédit les performances en recherche d'information dans un hypertexte parce que des composantes des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé sont communes aux habiletés de base en lecture. Cependant, il se pourrait que sans enseignement explicite en recherche d'information dans un hypertexte, les élèves ne sachent pas mobiliser les composantes métatextuelles et métacognitives de ces habiletés pour sélectionner les nœuds-cibles. Ainsi, nous pensons qu'un enseignement explicite en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé permettant de

développer des habiletés métatextuelles, habiletés métacognitives (Ayroles, 2020 ; Potocki et al., 2017) préparerait les élèves à rechercher des informations dans un hypertexte.

Ceci étant, une deuxième interprétation pourrait se trouver du côté des indicateurs retenus pour mesurer l'efficacité de la navigation. En effet, pour calculer l'efficacité de la navigation, nous avons considéré qu'un nœud pertinent était un nœud-cible. Autrement dit un nœud qui contenait une information pertinente pour répondre à la question. Ce choix a été motivé par l'objectif de tester l'effet d'une fonctionnalité d'une carte navigable : celle qui permet d'accéder aux nœuds-cibles sans passer par des nœuds intermédiaires. Or, indépendamment d'une carte navigable, les nœuds pertinents sont le nœud-cible et les nœuds intermédiaires pour atteindre le nœud-cible (Amadiou et al., 2008 ; Naumann, 2015 ; Naumann & Salmerón, 2016). En effet, selon les conditions de guidage, les notions de « nœud pertinent » sont variables. Enfin, les habiletés soutenaient les performances (études 1, 3 et 4) et réduisaient les perceptions de difficultés (1 et 4).

- **Effets du SEP en lecture documentaire sur l'efficacité de la recherche d'information**

Conformément à nos attentes, globalement, les résultats de nos études ont montré que des aspects motivationnels (en l'occurrence le SEP en lecture documentaire) sont impliqués dans une activité de recherche d'information dans un ensemble de documents. Ceci est cohérent avec le modèle RESOLV (Rouet et al., 2017), les modèles récents de la Théorie de la charge cognitive (Choi et al., 2014 ; Sweller et al., 2019) et, plus largement, avec les modèles de l'engagement dans la lecture (Guthrie & Klauda, 2014 ; Guthrie & Wigfield, 2017) et dans la lecture en ligne (Keshavarz, 2020 ; Naumann, 2015). Cependant, lorsque nous avons regardé les résultats de manière transversale (études 1, 3 et 4), nous avons constaté que le SEP a eu plutôt tendance à influencer les difficultés perçues. En effet, les résultats de l'étude 1 ont indiqué que le SEP en lecture documentaire prédisait à la fois l'efficacité de la navigation (l'économie et une tendance sur la précision), les difficultés perçues et les performances. Par contre, lors de l'étude 3 (pour les groupes travaillant sur tablette), le SEP ne prédisait ni les difficultés perçues, ni les performances (pour rappel, nous n'avons pas pu exploiter les traces de navigation lors de l'étude 3).

- **Effets du SEP en lecture documentaire et des habiletés en recherche d'information dans un document imprimé, sur l'acceptation du matériel**

Pour rappel, pour l'étude 1, nous n'avons pas pu introduire l'UP et la FUP dans le modèle de régression linéaire multiple, pour cause d'effet plafond. Nos résultats sont donc à prendre avec prudence car ils reposent seulement sur deux études. De plus, entre les études 3 et 4, nous avons modifié les items de l'échelle d'évaluation de l'UP et de la FUP, de manière à élargir la focale de l'évaluation des perceptions à l'ensemble du matériel de lecture et non seulement à la tablette. Cependant, globalement, le SEP prédisait l'UP et la FUP (études 3 et 4) alors que les habiletés avaient un effet marginal sur ces perceptions de qualités instrumentales.

► En somme, dans l'ensemble, nos résultats ont apporté un nouvel éclairage sur les déterminants des difficultés perçues : ces variables ne dépendraient pas seulement des habiletés initiales en lecture mais aussi de facteurs subjectifs comme le SEP vis-à-vis de la tâche à réaliser. Ceci étant, le SEP prédirait plutôt des mesures subjectives (perceptions de difficultés et de qualités instrumentales) que des mesures objectives (efficacité de la navigation et performances). L'absence de relation entre le SEP et l'efficacité de la navigation, d'une part, et les performances, d'autre part, montre qu'un SEP élevé ne prédit pas forcément l'effort cognitif requis pour assurer la réussite à une tâche. Inversement, un SEP faible n'empêcherait pas d'assurer la réussite. Ceci est contraire au modèle d'engagement dans la lecture (Guthrie & Klauda, 2014).

De plus, au premier abord, ces résultats prêtent à penser que des enfants de fin d'école primaire évaluent, les difficultés d'une activité achevée et les qualités instrumentales vis-à-vis du matériel qui a servi à réaliser la tâche, en fonction de leurs croyances initiales (SEP) à réaliser la tâche : « Au départ, je ne me sentais pas capable, donc j'ai trouvé ça dur et j'ai trouvé que le matériel n'était pas utile et facile à utiliser ». En ce sens, nos résultats soutiennent l'idée que la charge cognitive est en partie liée aux aspects motivationnels. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les participants aux études de cette thèse étaient novices en recherche d'information dans un hypertexte. Sans expérience, ils ont dû avoir du mal à évaluer a priori le niveau d'exigence effectif d'une tâche de recherche d'information dans un hypertexte et donc leur SEP à réaliser la tâche en question. En conséquence, ils ont pu avoir du

mal à mobiliser et tirer profit de ressources internes et externes ad hoc, et donc à adapter leur comportement en fonction de l'exigence de la tâche. En somme et bien que le SEP prédisait rarement la navigation et les performances, nous soutenons que le SEP doit être considéré comme une ressource interne au même titre que les habiletés en lecture. En effet, le SEP a eu tendance à réduire les difficultés perçues. Or, d'après la Théorie de la charge cognitive appliquée à la recherche d'information dans un hypertexte, une diminution du sentiment de désorientation et de l'effort mental sont favorables à de meilleures performances : toutefois, ceci reste à vérifier de manière empirique lors de futures expériences. Enfin, les résultats de l'étude 4 ont apporté des preuves supplémentaires à l'idée que le SEP est sensible aux paramètres de la tâche et que cette variable pourrait évoluer dans le temps (Courtois et al., 2014). Ainsi, nous soutenons que le SEP est une ressource interne mais pas une ressource permanente, selon le sens donné dans MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011).

Enfin, nos résultats soutiennent que le SEP vis-à-vis de la tâche prédit les perceptions de qualités instrumentales vis-à-vis du matériel utilisé pour réaliser la tâche. Toutefois, pour ce faire, il serait nécessaire d'expliquer les fonctionnalités du matériel (Juarez Collazo et al., 2014).

## **2.2. Effets de la carte navigable, sur l'efficacité de la recherche d'information dans un hypertexte et sur l'acceptation des tablettes**

Les résultats des études tendaient à confirmer qu'indépendamment des types de question, une carte navigable soutenait une activité de recherche d'information dans un hypertexte (Amadiou & Salmerón, 2014 ; Salmerón & García, 2012 ; Urakami, 2019). En collectant les traces de navigation et en n'imposant pas l'utilisation de la carte, nous avons montré que des enfants de fin d'école primaire ont spontanément et régulièrement utilisé une carte navigable. Ils semblaient intéressés par la fonctionnalité « navigable ». En effet, lorsque nous avons mis à leur disposition une carte statique, ils n'ont guère utilisé la carte. De plus, sur papier, les résultats ont montré que la carte a entravé les performances et a accru les difficultés perçues.

De plus, conformément aux résultats d'études de Salmerón et García (2012), les effets d'une carte navigable dépendaient des types de question. Cependant, contrairement à

l'interprétation de ces chercheurs, nos résultats ont indiqué qu'une carte navigable avait soutenu une navigation précise uniquement pour une question de localisation avec correspondance lexicale entre la question et un hyperlien dans la carte. De plus, une carte navigable a soutenu une navigation économe. Enfin, une carte navigable a soutenu les performances, pour une question de localisation (avec ou sans correspondance terme à terme) mais pas une question d'intégration. L'analyse qualitative des traces de navigation nous a confortés dans cette interprétation. En effet, la lecture des parcours des élèves grâce aux historiques de navigation (étude 1) n'a pas montré qu'une carte de navigation favorise une navigation cohésive propice à l'élaboration d'un modèle de situation. De plus, la lecture des parcours n'a pas montré une période d'exploration de l'ensemble de l'hypertexte avant de commencer l'activité de recherche d'information (Jáñez & Rosales, 2016). En revanche, comme nous nous y attendions les élèves ont tenté de trouver les nœuds-cibles et d'éviter les nœuds non-cibles (c'est-à-dire des nœuds qui ne contenaient pas d'information pertinente, que ce soient des nœuds intermédiaires ou pas). Pour autant, nous ne pouvons pas dire que nos résultats ont contredit l'état de l'art, puisque des comportements d'exploration du matériel de lecture avant de lire les questions et rechercher les informations ont été observés uniquement chez des élèves expérimentés en lecture-compréhension. Donc, en fin d'école primaire, les élèves semblent privilégier une stratégie d'ouverture des nœuds par essai-erreur. Ainsi, sans correspondance lexicale entre la question et les mots-clefs dans l'hypertexte, avec une carte navigable, la navigation n'est pas forcément précise, mais elle peut être économe : c'est le cas si les élèves ouvrent tous les nœuds mais évitent d'ouvrir de nouveau des nœuds déjà visités. Dans ce cas, cette stratégie ne serait pas efficace pour une question d'intégration. Dans le cas contraire, une navigation « opportuniste » (sélective) pourrait accroître la fragmentation de l'information.

Alors, faudrait-il enseigner aux élèves, une stratégie d'exploration préliminaire d'un hypertexte avant de lire les questions et de rechercher des informations? A nos yeux, ceci est discutable. D'un côté, cela pourrait favoriser le traitement des questions d'intégration. D'un autre côté, cette stratégie serait souvent limitée, lorsque les élèves recherchent des informations sur internet (c'est-à-dire dans un immense ensemble de documents, sans cadre intégrateur).

Enfin, dans cette thèse, nous avons montré qu'une carte navigable prédit à la fois l'efficacité de la recherche d'information et l'acceptation du matériel de lecture lu sur la tablette. Même en recentrant les items de l'échelle de mesure des perceptions de qualités instrumentales de la tablette pour rechercher des informations (c'est-à-dire sur la tâche, comme cela est recommandé dans la littérature (Amadiou et al., 2016)), les conditions de guidage n'ont eu aucun effet sur l'UP et la FUP. En revanche, en focalisant les items sur les perceptions vis-à-

vis du matériel de lecture, nos résultats ont montré que les conditions de guidage avaient un effet sur l'UP et la FUP. Autrement dit, les enfants sauraient distinguer finement les perceptions de qualités instrumentales selon différentes fonctionnalités de la tablette, pour une même tâche. Néanmoins, il est possible que le plan à mesures répétées ait « forcé » l'effet des conditions de guidage sur les perceptions vis-à-vis du matériel de lecture. Enfin, un effet Pygmalion n'est pas à exclure. Une mesure implicite de l'UP et de la FUP serait une solution pour éviter toute pression sociale. Pour cette raison, dans cette thèse, nous avons initié la conception d'un outil de mesure implicite de l'UP et de la FUP. Les résultats ont confirmé qu'une mesure implicite est réalisable avec des enfants. Notre étude à visée méthodologique a permis de préciser que cela est réalisable en conditions écologiques, mais coûteux en temps et en ressources humaines.

### **2.3. Interactions de la carte navigable avec les ressources internes**

Nos résultats n'ont soutenu que partiellement cette hypothèse générale. Lors de l'étude 1, la carte navigable a atténué l'effet du SEP sur les performances et a eu tendance à atténuer l'effet des habiletés. De plus, lors de l'étude 4, la carte navigable a atténué l'effet du SEP sur l'UP et la FUP vis-à-vis du matériel de lecture. Dans ces deux cas, la carte navigable a soutenu les élèves ayant un SEP initial faible. Mais, aucune autre interaction n'a été trouvée. La carte a eu tendance à agir sur les aspects motivationnels. L'absence d'interaction avec les habiletés pourrait s'expliquer par l'inexpérience des élèves en recherche d'information dans un hypertexte. Ainsi, tous les élèves ont eu besoin de la carte navigable pour réaliser la tâche. Selon cette interprétation, avec un enseignement explicite des stratégies de recherche d'information, seuls les élèves ayant des difficultés (malgré l'enseignement) auraient besoin d'une carte. Les autres élèves devenant habiles en recherche d'information dans un hypertexte ne tireraient plus profit de l'utilisation d'une carte navigable.

En somme, sur le plan conceptuel, les travaux de cette thèse contribuent à enrichir les modèles MD-TRACE (Rouet & Britt, 2011) et le modèle des composantes de l'UX (Mahlke, 2008) de nouvelles variables cognitives et motivationnelles. En revanche, dans l'ensemble, nos résultats soutiennent peu notre hypothèse générale : seul le SEP prédirait à la fois les variables de la recherche d'information et de l'acceptation.

Sur le plan méthodologique, les résultats de cette thèse soutiennent les chercheurs (Amadiou et al., 2009 ; Salmerón et al., 2017 ; Urakami, 2019 ; Whitelock-Wainwright et al., 2020) qui arguent la plus-value de collecter et croiser des données complémentaires pour examiner les effets de variables prédictives sur les processus cognitifs et l'acceptation.

Ensuite, les travaux de cette thèse ont permis d'ajuster des outils de mesure des perceptions du SEP (Bandura, 2006), du sentiment de désorientation (Ahuja & Webster, 2001), de l'effort mental (Paas et al., 2003) et des perceptions de qualités instrumentales (Davis, 1989), chez des enfants, en conditions écologiques.

Par ailleurs, sur le plan applicatif (recommandations pour l'enseignement et l'apprentissage), les résultats de cette thèse tendent à montrer qu'il ne devrait pas y avoir de phénomène d'évitement et de rejet global de la tablette, par les enfants (sous réserve que systématiquement et de manière répétée, les enseignant.e.s proposent des tâches compatibles et/ou peu complexes, pour des enfants). En revanche, des enfants pourraient mettre en place des conduites d'évitement dans l'utilisation de certains matériaux de lecture ou de fonctionnalités de navigation implémentées dans un document lu sur la tablette. Ensuite, une carte navigable pourrait soutenir les élèves de fin d'école primaire lors de premiers apprentissages en recherche d'information dans un hypertexte lu sur une tablette mais pour des tâches très simples (recherche d'information pour répondre à des questions de localisation). Par contre, pour qu'ils puissent tirer profit d'une carte navigable, il faudrait prévoir un enseignement explicite dans l'utilisation de la carte.

### **3. Limites et perspectives**

Une principale limite se situe au niveau du choix des indicateurs de mesure de l'efficacité de la navigation. Les formules de calcul du taux de précision et du taux d'économie retenues dans cette thèse excluaient les nœuds intermédiaires. Ce choix a été motivé par l'objectif de tester en premier lieu les effets d'une carte navigable. Or, ces formules ne sont pas adaptées, pour tester les effets des habiletés sur l'efficacité de la navigation, indépendamment des conditions de guidage. En effet, sans carte, un élève habile en recherche d'information est capable de manager son parcours de navigation via les nœuds intermédiaires, pour atteindre les nœuds-cibles. De plus, nous avons utilisé les mêmes indicateurs de réussite pour tous les types de question. Or, pour une question de localisation, une efficacité dans la navigation consiste à ouvrir une seule fois le nœud-cible. En revanche, pour une question d'intégration, il est normal de faire des allers-retours entre deux nœuds-cibles, pour soutenir les processus d'intégration (Naumann & Salmerón, 2016).

Une troisième limite et, donc, en regard, une troisième perspective se situent un niveau de la durée des investigations. Les résultats sur les effets des habiletés en lecture documentaire dans un document composite imprimé, le SEP en lecture documentaire et une carte

navigable sur les processus cognitifs et l'acceptation concernaient une activité des élèves sur une courte période. Or, d'après la littérature scientifique (Courtois et al., 2014 ; Rončević Zubković et al., 2016), nous pourrions nous attendre à ce que le SEP évolue au cours d'une étude longitudinale, selon les conditions de guidage. Par ailleurs, au fur et à mesure que les élèves développeront des ressources internes spécifiques à la recherche d'information dans un environnement numérique, ces ressources devraient prendre le relais des ressources propres à la recherche d'information sur papier (Hahnel et al., 2016 ; Salmerón et al., 2018).

Une quatrième limite se situe au niveau de l'outil de mesure des habiletés en recherche d'information dans un document composite et multiple imprimé. En effet, nos résultats quant à l'implication des habiletés en recherche d'information dans un document non linéaire sont à prendre avec des réserves car l'outil que nous avons utilisé pour tester les habiletés initiales n'a pas fait l'objet d'une étude méthodologique. Une perspective serait de concevoir un outil calibré pour la recherche, à l'instar de CompLEC pour les collégiens et lycéens (Llorens Tatay et al., 2011). Toujours sur les aspects méthodologiques, une autre perspective se trouve au niveau des méthodes d'enregistrement des traces de navigation. Pour cette thèse, l'utilisation d'un serveur local a été une solution alternative, par défaut. Mais, elle est coûteuse en temps et en ressources humaines : nécessité de travailler avec très peu d'élèves à la fois, de connecter chaque tablette au serveur juste avant la tâche, de noter les temps de début et de fin de la tâche, pour chacun, et d'extraire les historiques de navigation, les convertir dans un format lisible. Une solution d'enregistrement en ligne serait sans doute plus efficiente. Par ailleurs, il nous semble pertinent de poursuivre le travail de conception d'un outil de mesure implicite de l'UP et de la FUP.

Enfin, une dernière limite se situe au niveau des analyses statistiques des données. Dans cette thèse, nous avons testé les effets des ressources externes et internes, d'une part, sur la recherche d'information et, d'autre part, sur l'acceptation. Pour pouvoir envisager un modèle qui intègre les modèles MD-TRACE, UX et la Théorie de la charge cognitive, il faudrait examiner les relations entre les ressources internes, la navigation, les difficultés perçues, les performances et l'acceptation.

# CONCLUSION GENERALE

La navigation est une étape cruciale de la recherche d'information. Au regard de l'usage qu'en font spontanément les enfants, une carte navigable permet de naviguer avec précision, uniquement pour une question de localisation avec correspondance lexicale entre un mot-clé de la question et un mot-clé de la carte. Une carte navigable permet de naviguer de manière économe, pour tous les types de question. Néanmoins, une carte navigable soutient uniquement les performances à une tâche de localisation et non à une tâche d'intégration. Pour une question sans correspondance lexicale, à force d'ouvrir des nœuds (sans précision mais de manière économe), les élèves parviennent à localiser les nœuds-cibles. Cependant, pour une question d'intégration, localiser les nœuds-cibles est nécessaire mais pas suffisant. Une carte navigable pourrait aider à intégrer les informations à condition d'utiliser les deux fonctionnalités de la carte : la navigabilité et l'aperçu de la structure sémantique. Or, il semblerait que sans enseignement explicite pour tirer pleinement profit de la carte, les élèves l'utilisent à la manière d'un nuage de « mots-clefs » sans tenir compte des relations sémantiques entre ces mots.

En somme, une carte navigable répond partiellement au besoin de soutenir les élèves de fin d'école primaire lorsqu'ils recherchent des informations dans un hypertexte. Toutefois, à ce stade de la recherche, cela pourrait être un bon compromis pour assurer à la fois la recherche d'information (tâche de localisation) et l'acceptation du matériel numérique utilisé pour réaliser la tâche.

# BIBLIOGRAPHIE

## A

- Ahuja, J. S., & Webster, J. (2001). Perceived disorientation: An examination of a new measure to assess web design effectiveness. *Interacting with Computers*, 14(1), 15-29. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(01\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(01)00048-0)
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1974). Factors influencing intentions and the intention-behavior relation. *Human relations*, 27(1), 1-15.
- Alexandre, B., Reynaud, E., Osiurak, F., & Navarro, J. (2018). Acceptance and acceptability criteria: A literature review. *Cognition, Technology & Work*, 20(2), 165-177. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0459-1>
- Amadiou, F. (2021). Les types de guidage des processus d'apprentissage avec des ressources numériques. *ALSIC : Apprentissage Des Langues Et Systèmes D'information Et De Communication*, 24(2), 1. <https://doi.org/10.4000/alsic.5817>
- Amadiou, F., Bastien, C., & Tricot, A. (2008). Les méthodes on-line 1: Analyse des parcours. In A. Chevalier & A. Tricot (Éds.), *Ergonomie des documents électroniques* (p. 251-270). PUF.
- Amadiou, F., Lemarié, J., & Tricot, A. (2017). How may multimedia and hypertext documents support deep processing for learning? *Psychologie Française*, 62(3), 209-221. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2015.04.002>
- Amadiou, F., Pecoste, C., Mariné, C., Van de Leemput, C., & Lescaret, C. (2016). How experienced tasks with tablets effects of studying tasks compatibility with tablets on their acceptance. In F. M. M. Neto, R. de Souza, & A. S. Gomes (Éds.), *Mobile Devices in Education: Breakthroughs in Research and Practice* (IGI Global, Vol. 1-2, p. 338-361).

Amadiou, F., & Salmerón, L. (2014). Concept Maps for Comprehension and Navigation of Hypertexts. In D. Ifenthaler & R. Hanewald (Éds.), *Digital Knowledge Maps in Education* (p. 41-59). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3178-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3178-7_3)

Amadiou, F., & Tricot, A. (2006). Utilisation d'un hypermédia et apprentissage: Deux activités concurrentes ou complémentaires? *Psychologie Française*, 51(1), 5-23. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2005.12.001>

Amadiou, F., van Gog, T., Paas, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning. *Learning and Instruction*, 19(5), 376-386. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.005>

Amadiou, F., & Tricot, A. (2020). *Apprendre avec le numérique : Mythes et réalités*. Retz.

Ayroles, J. (2020). *Apprentissage de la lecture fonctionnelle chez l'enfant : Compréhension des processus cognitifs impliqués et développement de ressources pédagogiques*. [Thèse de doctorat, Université de Poitiers]. <https://www.theses.fr/s195174>

## **B**

Ballenghein, U., Kaakinen, J. K., Tissier, G., & Baccino, T. (2020). Cognitive engagement during reading on digital tablet: Evidence from concurrent recordings of postural and eye movements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(11), 1820-1829. <https://doi.org/10.1177/1747021820931830>

Bandura, A. (2006) Guide for Constructing Self-Efficacy Scales. In Pajares, F. and Urdan, T.S., Eds., *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents*, Age Information Publishing, Greenwich, 307-337. - References - Scientific Research Publishing. (s. d.).

Baraudon, C., Lanfranchi, J.-B., Bastien, J. M. C., & Fleck, S. (2021). Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant. *Médiations et médiatisations*, 5, 44-67. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.174>

- Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2010). L'acceptabilité des nouvelles technologies: Quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le travail humain*, 72(4), 311-331. <https://doi.org/10.3917/th.724.0311>
- Bardin, B., Perrissol, S., Py, J., Fos, Y., & Souchon, N. (2016). Testing of a paper-and-pencil Personalized Single Category Implicit Association Test (SC-IAT-P). *International Review of Social Psychology*, 29(1), 31. <https://doi.org/10.5334/irsp.35>
- Barzilai, S., Zohar, A. R., & Mbr-Hagani, S. (2018). Promoting Integration of Multiple Texts: A Review of Instructional Approaches and Practices. *Educational Psychology Review*, 30(3), 973-999. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9436-8>
- Bauhoff, V., Huff, M., & Schwan, S. (2012). Distance matters: Spatial contiguity effects as trade-off between gaze switches and memory load. *Applied Cognitive Psychology*, 26(6), 863-871. <https://doi.org/10.1002/acp.2887>
- Bautier, É., Crinon, J., Delarue-Breton, C., & Marin, B. (2012). Les textes composites: Des exigences de travail peu enseignées? *Repères*, 45, 63-79. <https://doi.org/10.4000/reperes.136>
- Bautier, É., & Rayou, P. (2013). La littératie scolaire : Exigences et malentendus. Les registres de travail des élèves. *Éducation & Didactique*, 17, 29-46. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1721>
- Bayazit, A., Bayram, S., & Cumaoglu, G. K. (2018). Investigating the relationship between task complexity, cognitive ability and disorientation in hypertext navigation. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(4), 431-443.
- Béland, S., & Cousineau, D. (2018). Adieu coefficient alpha de Cronbach! J'ai trouvé plus fidèle que toi... *Revue de psychoéducation*, 47(2), 449-460. <https://doi.org/10.7202/1054068ar>
- Bell, A. (2007). Designing and testing questionnaires for children. *Journal of Research in Nursing*, 12(5), 461-469. <https://doi.org/10.1177/1744987107079616>

- Ben Ali, L., Leveillet, D., Pac, S., Pastor, J. M., & Schmitt, J. (2015). Lecture sur support numérique en fin d'école primaire: un peu plus d'un élève sur deux est capable d'accéder à l'information et de la traiter. *Note d'information*. Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports – Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance.
- Berger, J. L., & Büchel, F. (2012). Métacognition et croyances motivationnelles: un mariage de raison. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (179), 95-128.
- Bétrancourt, M., & Caro Dambreville, S. (2006). Comment concevoir des documents électroniques favorisant l'apprentissage ? In P. Dessus & E. Gentaz (Éds.), *Apprentissage et enseignements* (p. 163-182). Dunod.
- Bezdan, E., Kester, L., & Kirschner, P. A. (2013). The influence of node sequence and extraneous load induced by graphical overviews on hypertext learning. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 870-880. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.12.016>
- Bianco, M. (2015). *Du langage oral à la compréhension de l'écrit*. Presses universitaires de Grenoble.
- Bianco, M., Lima, L., Fayol, M., Rouet, J.-F., Potocki, A., Lafontaine, D., Dupont, V., Schillings, P. & Sénéchal, M. (2017). *Enseigner la compréhension en lecture*. Hatier.
- Blaison, C., Chassard, D., Kop, J.-L., & Gana, K. (2006). L'IAT (Implicit Association Test) ou la mesure des cognitions sociales implicites. *Revue critique de la validité et des fondements théoriques des scores qu'il produit. L'Année psychologique*, 106(02), 305. <https://doi.org/10.4074/S0003503306002065>
- Bocognano, L. (2021). *Le numérique éducatif : Que nous apprennent les données de la DEPP ?* (Synthèses Document de travail 2021 N° S03). Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports – Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance.
- Britt, M-A, Richter, T., & Rouet, J.-F. (2014). Scientific Literacy. The Role of Goal-Directed Reading and Evaluation in Understanding Scientific Information. *Educational Psychologist*, 49(2), 104-122. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.916217>

## C

- Caro, S. (2017). Texte, contexte et documents numériques. *Essais*, 12, 149-172. <https://doi.org/10.4000/essais.2967>
- Cerdán, R., Gilabert, R., & Vidal-Abarca, E. (2011). Selecting information to answer questions: Strategic individual differences when searching texts. *Learning and Individual Differences*, 21(2), 201-205. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.007>
- Chan, D. K. C., Lee, A. S. Y., Tang, T. C. W., Gucciardi, D. F., Yung, P. S. H., & Hagger, M. S. (2017). Paper vs. Pixel: Can We Use a Pen-and-Paper Method to Measure Athletes' Implicit Doping Attitude? *Frontiers in Psychology*, 8, 876. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00876>
- Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). Qu'est-ce que la charge cognitive. *La Charge Cognitive: Théorie et Applications*, 11-32. Armand Colin. <https://www.cairn.info/la-charge-cognitive--9782200347246-p-11.htm>
- Choi, H.-H., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2014). Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225-244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6>
- Cnesco (2016). Lire, comprendre, apprendre : comment soutenir le développement de compétences en lecture ? Dossier de synthèse. <http://www.cnesco.fr/fr/lecture/>
- Colliot, T. (2018). *Effet des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans des environnements multimédias interactifs*. [Thèse de doctorat, Université de Bretagne].
- Colmant, M., & Le Cam, M. (2017). *PIRLS 2016 : Évaluation internationale des élèves de CM1 en compréhension de l'écrit. Évolution des performances sur quinze ans*. Ministère de l'Éducation Nationale. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance.

Conseil national d'évaluation du système scolaire, & Institut français de l'éducation (Éds.) (2016). Conférence de consensus « LIRE, COMPRENDRE, APPRENDRE : Comment soutenir le développement de compétences en lecture ? », Recommandations du jury.

Courtois, C., Montrieux, H., De Grove, F., Raes, A., De Marez, L., & Schellens, T. (2014). Student acceptance of tablet devices in secondary education: A three-wave longitudinal cross-lagged case study. *Computers in Human Behavior*, 35, 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.017>

Crinon, J., & Ferone, G. (2020). Nouveaux supports de lecture et littératie numérique scolaire. Article de colloque. *Forimlecture.ch*. [https://www.forumlettura.ch/sysModules/obxLeseforum/Artikel/703/2020\\_2\\_fr\\_crinon\\_ferone.pdf](https://www.forumlettura.ch/sysModules/obxLeseforum/Artikel/703/2020_2_fr_crinon_ferone.pdf)

Cvencek, D., Greenwald, A. G., & Meltzoff, A. N. (2011). Measuring implicit attitudes of 4-year-olds: The Preschool Implicit Association Test. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 187-200. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.11.002>

## D

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

De Leeuw, E. D. (2011). Improving Data Quality when Surveying Children and Adolescents: Cognitive and Social Development and its.

Debue, N., Helemans, C., & Van de Leemput, C. (2013). Acceptabilité des sites web et ergonomie de l'interface: Étude de l'influence de l'utilisabilité objective et de la charge cognitive. *Revue Des Interactions Humaines Médiatisées Journal of Human Mediated Interactions*, 14(N° 2), 1-23.

- Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., & Salmerón, L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, 25, 23-38. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003>
- DeStefano, D., & LeFevre, J.-A. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review. *Computers in Human Behavior*, 23(3), 1616-1641. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2005.08.012>
- Djouani, M., Dambreville, S. C., & Boucheix, J.-M. (2015). Un dispositif de prévisualisation qui améliore la navigation: Comparaison entre une tablette tactile et une souris 3 D. *Europia*, 16(1), 41.
- Doré, C. (2017). L'estime de soi: Analyse de concept. *Recherche en soins infirmiers*, 129(2), 18-26.

## **F**

- Famose, J. & Bertsch, J. (2017). Chapitre 1. Une clarification conceptuelle nécessaire. Dans : J. Famose & J. Bertsch (Dir), *L'estime de soi : une controverse éducative* (pp. 13-22). Paris cedex 14: Presses Universitaires de France. <https://www-cairn-info.gorgone.univ-toulouse.fr/l-estime-de-soi-une-controverse-educative--9782130796145-page-13.htm>
- Favre, D. (2020). *Cessons de démotiver les élèves-3e éd.: 20 clés pour favoriser l'apprentissage*. Dunod.
- Ferone, G., Richard-Principalli, P., & Crinon, J. (2016). Les supports numériques pour enseigner, quels obstacles? Littératie numérique scolaire et pratiques enseignantes. Actes du Symposium international sur la littéracie à l'école = International Symposium for Educational Literacy (SILE/ISEL), 365-383. <https://doi.org/10.17118/11143/10276>

Fesel, S., Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). Individual variation in children's reading comprehension across digital text types. *Journal of Research in Reading*, 41(1), 106-121. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12098>

Février, F. (2011). Vers un modèle intégrateur « expérience-acceptation » : Rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d'usage d'un environnement numérique de travail. [Thèse de doctorat, Université de Rennes 2, Université Européenne de Bretagne]

## G

Gerbault, J. (2012). Littératie numérique. Recherches en didactique des langues et des cultures, 9 (2). <https://doi.org/10.4000/rdlc.3960>

Gilleece, L., & Eivers, E. (2018). Characteristics associated with paper-based and online reading in Ireland: Findings from PIRLS and ePIRLS 2016. *International Journal of Educational Research*, 91, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.07.004>

Guthrie, J. T., & Klauda, S. L. (2014). Effects of classroom practices on reading comprehension, engagement, and motivations for adolescents. *Reading research quarterly*, 49(4), 387-416. <https://doi.org/10.1002/rrq.81>

Guthrie, J. T., Klauda, S. L., & Ho, A. N. (2013). Modeling the relationships among reading instruction, motivation, engagement, and achievement for adolescents. *Reading research quarterly*, 48(1), 9-26. <https://doi.org/10.1002/rrq.035>

Guthrie, J. T., & Wigfield, A. (2017). Literacy Engagement and Motivation: Rationale, Research, Teaching, and Assessment. Routledge Handbooks Online. <https://doi.org/10.4324/9781315650555.ch3>

Guthrie, J. T., Wigfield, A., & You, W. (2012). Instructional Contexts for Engagement and Achievement in Reading. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Éds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (p. 601-634). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7\\_29](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_29)

## H

- Hahnel, C., Goldhammer, F., Naumann, J., & Kröhne, U. (2016). Effects of linear reading, basic computer skills, evaluating online information, and navigation on reading digital text. *Computers in Human Behavior*, 55, 486-500. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.042>
- Hassenzahl, M. (2001). The effect of perceived hedonic quality on product appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(4), 481-499. [https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1304\\_07](https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1304_07)
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156. <https://doi.org/10.1111/jcal.12123>
- Hébert, M., & Lépine, M. (2012). Analyse et synthèse des principales définitions de la notion de littératie en francophonie. *Lettrure*, 2, 88-98.
- Herrada-Valverde, G., & Herrada-Valverde, R. I. (2017). Factores que influyen en la comprensión lectora de hipertexto. *Ocnos. Revista de estudios sobre lectura*, 16(2), 7-16. [https://doi.org/10.18239/ocnos\\_2017.16.2.1287](https://doi.org/10.18239/ocnos_2017.16.2.1287)
- Hoechsmann, M. (2015). Définir la politique de littératie numérique et la pratique dans le paysage de l'éducation canadienne.
- Horton, M. P. L. (2013). *Improving validity and reliability in children's self reports of technology use*. [Doctoral dissertation, University of Central Lancashire].

## I

- International Association for the Evaluation of Educational Achievement. (2016). Progress in International Reading Literacy, Take the ePIRLS Assessment, Online Reading Assessment Example, Mars, <https://timssandpirls.bc.edu/pirls2016/international-results/take-the-epirls-assessment/Mars/>

## J

Jamet, É., Bétrancourt, M. & Rouet, J.-F. (2008). La compréhension des documents complexes. Dans : Aline Chevalier éd., *Ergonomie des documents électroniques* (pp. 71-102). Paris cedex 14 : Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.cheva.2008.02.0071>

Jáñez, Á., & Rosales, J. (2016). Novices' need for exploration: Effects of goal specificity on hypertext navigation and comprehension. *Computers in Human Behavior*, 60, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.058>

Juarez Collazo, N., Wu, X., Elen, J., & Clarebout, G. (2014). Tool Use in Computer-Based Learning Environments: Adopting and Extending the Technology Acceptance Model. *ISRNEducation*, 2014, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/736931>

## K

Kano, A., Horton, M., & Read, J. C. (2010). Thumbs-up scale and frequency of use scale for use in self reporting of children's computer experience. *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Extending Boundaries - NordiCHI '10*, 699. <https://doi.org/10.1145/1868914.1869008>

Karalar, H., & Sidekli, S. (2017). How Do Second Grade Students in Primary Schools Use and Perceive Tablets? *Universal Journal of Educational Research*, 5(6), 965-971. <https://doi.org/10.13189/ujer.2017.050609>

Keshavarz, H. (2020). Web Self-efficacy: A Psychological Prerequisite for Web Literacy. *Webology*, 17(1), 81-98. <https://doi.org/10.14704/WEB/V17I1/a209>

Kintsch, W. (1988). The Role of Knowledge in Discourse Comprehension: A Construction-Integration Model. *Psychological Review*, 95(2), 163-182.

Kintsch, W., & Van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological review*, 85(5), 363.

## L

- Lee, Y. S., & Jonson-Reid, M. (2016). The Role of Self-Efficacy in Reading Achievement of Young Children in Urban Schools. *Child and Adolescent Social Work Journal*, 33(1), 79-89. <https://doi.org/10.1007/s10560-015-0404-6>
- Lemm, K. M., Lane, K. A., Sattler, D. N., Khan, S. R., & Nosek, B. A. (2008). Assessing implicit cognition with a paper-format implicit association test. In M. Morrison & T. G. Morrison (Éds.), *The Psychology of Modern Prejudice* (p. 121-146), Nova Science Publishers.
- Llorens Tatay, A. C., Pelluch, L. G., Gámez, E. V.-A., Giménez, T. M., & Lloriá, A. M. (2011). *Prueba de Competencia Lectora para Educación Secundaria (CompLEC)*, 23(4), 808-817.
- López-Vargas, O., Ibáñez-Ibáñez, J., & Racines-Prada, O. (2016). Students' Metacognition and Cognitive Style and Their Effect on Cognitive Load and Learning Achievement. 14.

## M

- Macedo-Rouet, M., & Rouet, J.-F. (2020). La lecture de documents multiples au collège: Peut-on enseigner l'évaluation des sources d'informations?: Reading multiple documents in secondary school: can we teach source evaluation? *Pratiques*, 185-186. <https://doi.org/10.4000/pratiques.839>
- Mahlke, S. (2008). User Experience of Interaction with Technical Systems Theories, Methods, Empirical Results, and Their Application to the Development of Interactive Systems. *Faculté V - Systèmes de transport et de machines de l'Université technique de Berlin*.
- Maroun, E. (2022). Illectronisme et illettrisme: La question des compétences minimales pour maîtriser les outils numériques. *Informations sociales*, 205(1), 33-37.

- Martínez, T., Vidal-Abarca, E., Sellés, P., & Gilabert, R. (2008). Evaluación de las estrategias y procesos de comprensión: El Test de Procesos de Comprensión. *Infancia y Aprendizaje*, 31(3), 319-332. <https://doi.org/10.1174/021037008785702956>
- Mason, L., Tornatora, M. C., & Pluchino, P. (2013). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, 60(1), 95-109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.011>
- Mellor, D., & Moore, K. A. (2014). The Use of Likert Scales With Children. *Journal of Pediatric Psychology*, 39(3), 369-379. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jst079>
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2015). Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Bulletin officiel n° 17 du 23 avril 2015. [https://cache.media.education.gouv.fr/file/17/45/6/Socle commun de connaissances, de compétences et de culture 415456.pdf](https://cache.media.education.gouv.fr/file/17/45/6/Socle_commun_de_connaissances,_de_comp%C3%A9tences_et_de_culture_415456.pdf)
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2018). *CARMO, Cadre de référence pour l'Accès aux Ressources pédagogiques via un équipement Mobile, Version 3*. <https://eduscol.education.fr/1087/cadre-de-reference-carmo-version-30>
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2019, actualisation en 2020). *Document d'accompagnement. Mise en œuvre du Cadre de Référence des Compétences Numériques (CRCN)*. [https://eduscol.education.fr/721/evaluer-et-certifier-les-compétences-numériques](https://eduscol.education.fr/721/evaluer-et-certifier-les-comp%C3%A9tences-num%C3%A9riques)
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse (2019). Repères annuels de progression en français, mathématiques et enseignement moral et civique. Français, Repères annuels de progression pour le cycle 3, Annexe 22. [https://cache.media.education.gouv.fr/file/20/35/1/ensel283 annexe22 1120351.pdf](https://cache.media.education.gouv.fr/file/20/35/1/ensel283_annexe22_1120351.pdf)
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2020). Programme du cycle 2. En vigueur à la rentrée 2020. Bulletin officiel N°31 du 30 juillet 2020. [https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/88/5/ensel714 annexe1 1312885.pdf](https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/88/5/ensel714_annexe1_1312885.pdf)

- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2020). Programme du cycle 3. En vigueur à la rentrée 2020. Bulletin officiel N°31 du 30 juillet 2020. [https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/88/7/ensel714\\_annexe2\\_1312887.pdf](https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/88/7/ensel714_annexe2_1312887.pdf)
- Mons, N., Tricot, A., Chesné, J. F., & Botton, H. (2020). *Numérique et apprentissages scolaires: dossier de synthèse* [Rapport de recherche] Centre national d'étude des systèmes scolaires (Cnesco) ; Conservatoire national des arts et métiers (Cnam). <https://hal-cnam.archives-ouvertes.fr/hal-03234543/>
- Mosenthal, P. B. (1996). Understanding the strategies of document literacy and their conditions of use. *Journal of Educational psychology*, 88(2), 314-332. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.2.314>
- Mulet, J., Van De Leemput, C., & Amadieu, F. (2019). A critical literature review of perceptions of tablets for learning in primary and secondary schools. *Educational Psychology Review*, 31(3), 631-662. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09478-0>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. (Eds.). (2015). PIRLS 2016 Assessment Framework (2nd ed.). Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/pirls2016/framework.html>
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2019). *PIRLS 2021 Assessment Frameworks*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/pirls2021/frameworks/>
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2017). ePIRLS 2016: International Results in Online Informational Reading. *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED580353.pdf>

## **N**

- Naumann, J. (2015). A model of online reading engagement: Linking engagement, navigation, and performance in digital reading. *Computers in Human Behavior*, 53, 263-277. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.051>

- Naumann, J., & Salmerón, L. (2016). Does Navigation Always Predict Performance? Effects of Navigation on Digital Reading are Moderated by Comprehension Skills. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v17i1.2113>
- Nilsson, R. M., & Mayer, R. E. (2002). The effects of graphic organizers giving cues to the structure of a hypertext document on users' navigation strategies and performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(1), 1-26. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2002.1011>
- Nosek, B. A. (2005). Moderators of the relationship between implicit and explicit evaluation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(4), 565-584. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.4.565>
- Nosek, B. A., Greenwald, A. G., & Banaji, M. R. (2005). Understanding and using the Implicit Association Test: II. Method variables and construct validity. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31(2), 166-180. <https://doi.org/10.1177/0146167204271418>
- Nosek, B. A., Greenwald, A. G., & Banaji, M. R. (2007). The Implicit Association Test at Age 7: A Methodological and Conceptual Review. In J. A. Bargh (Ed.), *Social psychology and the unconscious: The automaticity of higher mental processes* (pp. 265–292). Psychology Press.

## O

- OCDE. (2000). *La littératie à l'ère de l'information: Rapport final de l'Enquête internationale sur la littératie des adultes*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264281769-fr>
- Ozuru, Y., Best, R., Bell, C., Witherspoon, A., & McNamara, D. S. (2007). Influence of Question Format and Text Availability on the Assessment of Expository Text Comprehension. *Cognition and Instruction*, 25(4), 399-438. <https://doi.org/10.1080/07370000701632371>

## P

- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of Cognitive Load in Instructional Research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419-430. <https://doi.org/10.2466/pms.1994.79.1.419>
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63-71. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_8](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_8)
- Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2020). Cognitive-Load Theory. Methods to Manage Working Memory Load in the Learning of Complex Tasks. *Current Directions in Psychological Science*, 29(4), 394-398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- Pajares F., Hartley J., & Valiante G. (2001) Response Format in Writing Self-Efficacy Assessment: Greater Discrimination Increases Prediction, Measurement and Evaluation in Counseling and Development, 33:4, 214-221, DOI: [10.1080/07481756.2001.12069012](https://doi.org/10.1080/07481756.2001.12069012)
- Passolunghi, M. C., Rueda Ferreira, T. I., & Tomasetto, C. (2014). Math–gender stereotypes and math-related beliefs in childhood and early adolescence. *Learning and Individual Differences*, 34, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.05.005>
- Perriault, J. (2002). *L'accès au savoir en ligne*. Odile Jacob.
- Peura, P. I., Viholainen, H. J. K., Aro, T. I., Räikkönen, E. M., Usher, E. L., Sorvo, R. M. A., Klassen, R. M., & Aro, M. T. (2019). Specificity of Reading Self-Efficacy Among Primary School Children. *The Journal of Experimental Education*, 87(3), 496-516. <https://doi.org/10.1080/00220973.2018.1527279>
- Potocki, A., & Billottet, É. (2020). Incidence du numérique sur l'apprentissage du lire, dire, écrire. *Numérique et apprentissages scolaires*. [https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2020/10/201015\\_Cnesco\\_PotockiBillottet\\_Numerique\\_Francais-1.pdf](https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2020/10/201015_Cnesco_PotockiBillottet_Numerique_Francais-1.pdf)

Potocki, A., Ros, C., Vibert, N., & Rouet, J.-F. (2017). Children's Visual Scanning of Textual Documents: Effects of Document Organization, Search Goals, and Metatextual Knowledge. *Scientific Studies of Reading*, 21(6), 480-497. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1334060>

Pouw, W., Rop, G., de Koning, B., & Paas, F. (2019). The cognitive basis for the split-attention effect. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148(11), 2058-2075. <https://doi.org/10.1037/xge0000578>

## Q

Quirino-Chaves, S., & Maisonneuve, L. (2020). Définir le document composite: Exemples d'analyses et exemple d'élaboration. *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, 185-186. <https://doi.org/10.4000/pratiques.8386>

## R

Rončević Zubković, B., Kolić-Vehovec, S., Kalebić Maglica, B., Smojver-Aiđić, S., & Pahljina-Reinić, R. (2016). Attitudes of students and parents towards ICT with regard to the experience of using the iPad in classroom. *Suvremena psihologija*, 19(1), 37-46.

Rouet, J.-F. (2003). What was I looking for? The influence of task specificity and prior knowledge on students' search strategies in hypertext. *Interacting with Computers*, 15(3), 409-428. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(02\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(02)00064-4)

Rouet, J.-F. (2006). *The skills of document use: From text comprehension to Web-based learning*. L. Erlbaum Associates.

Rouet, J.-F., & Britt, M. A. (2011). Relevance processes in multiple document comprehension. In M. T. McCrudden, J. P. Magliano, & G. Schraw (Éds.), *Text relevance and learning from text*. (pp. 19-52). Information Age Publishing.

- Rouet, J.-F., Britt, M. A., & Durik, A. M. (2017). RESOLV: Readers' Representation of Reading Contexts and Tasks. *Educational Psychologist*, 52(3), 200-215. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1329015>
- Rouet, J.-F., & Coutelet, B. (2008). The acquisition of document search strategies in grade school students. *Applied Cognitive Psychology*, 22(3), 389-406. <https://doi.org/10.1002/acp.1415>
- Rouet, J.-F., & Potocki, A. (2017). De la compréhension à l'usage des textes en contexte : accéder à l'information, évaluer et mettre en relation les textes. Dans Bianco M. & Lima L., Enseigner la compréhension en lecture (pp.36-53). Hatier, Enseigner à l'école primaire, ISSN 2105-4177, 978-2-401-00085-8. [hal-01955260](https://hal-01955260)
- Rouet, J.-F., & Potocki, A. (2018). De la lectura a la alfabetización documental: Aprender a buscar, evaluar e integrar información de diversos textos = From reading comprehension to document literacy: Learning to search for, evaluate and integrate information across texts. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 41(3), 415-446. <https://doi-org.gorgone.univ-toulouse.fr/10.1080/02103702.2018.1480313>
- Rouet, J. F., Ros, C., Goumi, A., Macedo-Rouet, M., & Dinet, J. (2011). The influence of surface and deep cues on primary and secondary school students' assessment of relevance in Web menus. *Learning and Instruction*, 21(2), 205-219. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.007>

## S

- Salmerón, L., Cerdán, R., & Naumann, J. (2015). How adolescents navigate Wikipedia to answer questions / ¿Cómo navegan los adolescentes en Wikipedia para contestar preguntas? *Infancia y Aprendizaje*, 38(2), 435-471. <https://doi.org/10.1080/02103702.2015.1016750>
- Salmerón, L., Delgado, P., Vargas, C., & Gil, L. (2021). Tablets for all? Testing the screen inferiority effect with upper primary school students. *Learning and Individual Differences*, 86, 101975. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.101975>

- Salmerón, L., García, A., & Vidal-Abarca, E. (2018a). The development of adolescents' comprehension-based Internet reading activities. *Learning and Individual Differences*, 61, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.006>
- Salmerón, L., García, A., & Vidal-Abarca, E. (2018b). WebLEC: A test to assess adolescents' Internet reading literacy skills. *Psicothema*, 30, 388-394. <https://doi.org/10.7334/psicothema2017.395>
- Salmerón, L., & García, V. (2011). Reading skills and children's navigation strategies in hypertext. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1143-1151. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.12.008>
- Salmerón, L., & García, V. (2012). Children's Reading of Printed Text and Hypertext with Navigation Overviews: The Role of Comprehension, Sustained Attention, and Visuo-Spatial Abilities. *Journal of Educational Computing Research*, 47(1), 33-50. <https://doi.org/10.2190/EC.47.1.b>
- Salmerón, L., Naumann, J., García, V., & Fajardo, I. (2017). Scanning and deep processing of information in hypertext. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(3), 222-233. <https://doi.org/10.1111/jcal.12152>
- Sarrafzadeh, B., Vtyurina, A., Lank, E., & Vechtomova, O. (2016). Knowledge Graphs versus Hierarchies: An Analysis of User Behaviours and Perspectives in Information Seeking. *Proceedings of the 2016 ACM on Conference on Human Information Interaction and Retrieval - CHIIR '16*, 91-100. <https://doi.org/10.1145/2854946.2854958>
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and Constructing Concept Maps: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431-455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Sheppard, D. (2011). Reading with iPads – the difference makes a difference. *Education Today, term 3*, p. 4.
- Snow, C. E. (2002). Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension. Rand.

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>

## I

Tawfik, A. A., Graesser, A., Gatewood, J., & Gishbaugher, J. (2021). Role of questions in inquiry-based instruction: Towards a design taxonomy for question-asking and implications for design. *Association for Educational Communications and Technology*, 68, 653-678.

Toland, M. D., & Usher, E. L. (2016). Assessing mathematics self-efficacy: How many categories do we really need? *The Journal of Early Adolescence*, 36(7), 932–960. <https://doi-org.gorgone.univ-toulouse.fr/10.1177/0272431615588952>

Tricot, A. (2007). *Apprentissages et documents numériques*. Belin. <https://eduq.info/xmlui/handle/11515/17904>

Tricot, A., & Chesné, J.-F. (2020). *Numérique et apprentissages scolaires: Rapport de synthèse*. CNESCO.

Tricot, A., Sahut, G., & Lemarié, J. (2016). *Le document: Communication et mémoire*. De Boeck supérieur ADBS.

## U

Uhlmann, E. L., Leavitt, K., Menges, J., Koopmann, J., Howe, M., & Russell, E. J. (2012). Getting Explicit About the Implicit: A Taxonomy of Implicit Measures and Guide for Their Use in Organizational Research. *Organizational Research Methods*, 15(4), 553-601. <https://doi.org/10.1177/1094428112442750>

Université de Liège. (2018). *Des exemples d'épreuves de l'évaluation PIRLS*. Enquête PIRLS-FWB. <https://events.uliege.be/pirls-fwf/textes/>

Urakami, J. (2019). Examining Causes of Extraneous Load in Hypertext Search. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 4(28), 435-455.

## V

Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>

Vriot-Goedel, C., & Delarue-Breton, C. (2014). Des textes composites à l'école: Nouvelle littéracie scolaire, apprentissages et inégalités. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, 53(1), 21-31. <https://doi.org/10.3406/spira.2014.1046>

Vörös, Z., Rouet, J.-F., & Pléh, C. (2011). Effect of high-level content organizers on hypertext learning. *Computers in Human Behavior*, 27(5), 2047-2055. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.04.005>

## W

Waniek, J., & Ewald, K. (2008). Cognitive Costs of Navigation Aids in Hypermedia Learning. *Journal of Educational Computing Research*, 39(2), 185-204. <https://doi.org/10.2190/EC.39.2.e>

Whitelock-Wainwright, A., Laan, N., Wen, D., & Gašević, D. (2020). Exploring student information problem solving behaviour using fine-grained concept map and search tool data. *Computers & Education*, 145. <https://doi-org.gorgone.univ-toulouse.fr/10.1016/j.compedu.2019.103731>

## Z

Zimmermann, G., & Pol, D. (2011). A l'école de la biodiversité. *Martin Média, La Classe cycles 2 & 3 Hors-série*. <https://boutique.laclasser.fr/produit/a-l-ecole-de-la-biodiversite#description-product>

# ANNEXES

## Annexe 1 : Matériaux de l'étude 1

### A. Matériel de l'évaluation initiale des habiletés en recherche d'information

Le document non linéaire imprimé et le questionnaire (fiche-réponse) étaient imprimés séparément, sur des feuilles de format A4.

Nom : .....	Prénom : .....	Classe : .....
-------------	----------------	----------------

**Consigne :** En lisant le texte « La destruction des habitats forestiers en Amérique du Nord », toudis répondre aux questions. Pour chaque question, coche la réponse correcte parmi les propositions.

**Questions :**

**1. Combien d'espèces menacent-elles de s'éteindre à cause de la déforestation ?**

Beaucoup plus de 7 000 espèces  
 7 000 espèces exactement  
 Environ 7 000 espèces

**2. Par rapport à aujourd'hui, en quelle année la couverture forestière de l'Amérique du Nord était-elle la plus étendue ?**

En 1920  
 En 1850  
 En 1620

**3. Lequel de ces animaux risque-t-il de disparaître ?**

Le pigeon migrateur  
 Le scarabée nécrophore  
 Le wapiti de l'Est

**4. Pourquoi l'urbanisation est-elle une cause de déforestation ?**

Parce que l'urbanisation consiste à utiliser le bois.  
 Parce que l'urbanisation nécessite d'arracher des arbres pour construire des villes.  
 Parce que l'urbanisation consiste à remplacer des forêts par des champs.

### La destruction des habitats forestiers en Amérique du Nord

**Régression de la couverture forestière des Etats-Unis en 400 ans :**

année 1620

année 1850

année 1920

aujourd'hui

L'Amérique du Nord est le continent qui a perdu le plus de surface forestière. Combiné à l'Amérique du Sud (la plus grande étendue de forêt tropicale du monde), les deux continents représentent la moitié des pertes mondiales totales de forêt.

Les causes principales de déforestation sont liées aux activités humaines pour :

- L'agriculture (bétails, céréales...).
- L'exploitation minière.
- L'utilisation du bois.
- La construction de villes (urbanisation).

Avec la disparition des forêts, de nombreuses espèces de plantes et d'animaux perdent leur milieu de vie. Pour beaucoup d'espèces, les individus se retrouvent également séparés dans des « fragments » d'habitats sans pouvoir se rejoindre pour se reproduire. 10 % des espèces d'arbres connues, soit environ 7 000 espèces, menacent de s'éteindre. Beaucoup des espèces animales les plus vulnérables sont des insectes et des escargots.

D'autres types de destructions d'habitats menacent également la biodiversité, par exemple l'assèchement des marais, le creusement du sol par des mines et des carrières, la dévastation des fonds marins...

Remplacement des forêts par des champs

Le pigeon migrateur américain (disparu en 1914)

Le wapiti de l'Est (disparu en 1880)

Le scarabée nécrophore d'Amérique (très menacé)

## B. Questionnaire de mesure du sentiment d'efficacité personnelle en lecture documentaire

A quel point te sens-tu capable de ...

- Lire rapidement des mots inconnus ?

Je ne me sens pas du tout capable de faire cela.

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Je me sens tout à fait capable de faire cela.

- Lire un texte documentaire qui contient de l'écrit, des schémas, des tableaux... ?

Je ne me sens pas du tout capable de faire cela.

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Je me sens tout à fait capable de faire cela.

- Trouver des informations dans un texte ?

Je ne me sens pas du tout capable de faire cela.

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Je me sens tout à fait capable de faire cela.

- Avoir de bonnes notes ?

Je ne me sens pas du tout capable de faire cela.

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Je me sens tout à fait capable de faire cela.

**C. Fiche-réponse aux questions de la tâche la recherche d'information dans l'hypertexte (image réduite de la fiche donnée aux élèves)**

**Pourquoi et comment réduire la consommation d'électricité?**

Recherche d'information dans un hypertexte avec une tablette numérique

CM1 et CM2 (fin février et mars 2017)

---

**1. Comment t'appelles-tu ? (nom et prénom) .....**

**2. En quelle classe es-tu ?       CM1                       CM2**

**3. Questions :**

- Question 1 : Pourquoi quand on achète des appareils de catégorie A on aide à lutter contre la pollution?

.....  
.....

- Question 2 : Ecris trois exemples de gestes simples qui permettent d'économiser l'électricité à la maison.

.....  
.....

- Question 3 : Pourquoi en ne laissant pas la porte d'entrée de la maison ouverte, en hiver, on peut réduire grandement le gaspillage d'électricité ?

.....  
.....

## D. Historiques de navigation (exemples de fichiers obtenus après traitement)

- Cas du participant n°51 (condition « sans carte »)

Time	Durée (s)	Nom du nœud ouvert	Question traitée
9:55:08 AM	276	Titre document	Q1 : Economie appareil catégorie A
9:59:44 AM	35	Les lieux de consommation électricité	
10:00:18 AM	47	Besoin électricité	
10:01:05 AM	2	Les lieux de consommation électricité	
10:01:07 AM	5	Titre document	
10:01:12 AM	4	Les lieux de consommation électricité	
10:01:16 AM	1	Titre document	
10:01:18 AM	1	Les lieux de consommation électricité	
10:01:19 AM	4	Acheminement	
10:01:23 AM	93	catégories appareils	
10:02:56 AM	10	Gestes réduire consommation	
10:03:06 AM	1	Répartition consommation habitation	
10:03:06 AM	27	Besoin électricité	
10:03:34 AM	71	Gestes réduire consommation	
10:04:45 AM	232	Répartition consommation habitation	
10:08:37 AM	8	Besoin électricité	
10:08:46 AM	5	Les lieux de consommation électricité	
10:08:50 AM	16	Besoin électricité	
10:09:07 AM	4	Répartition consommation habitation	
10:09:11 AM	3	Besoin électricité	
10:09:13 AM	51	Gestes réduire consommation	
10:10:04 AM	2	Répartition consommation habitation	Q3 : Consommation chauffage
10:10:06 AM	9	Besoin électricité	
10:10:16 AM	5	Gestes réduire consommation	
10:10:20 AM	2	catégories appareils	
10:10:22 AM	3	Gestes réduire consommation	
10:10:25 AM	3	Répartition consommation habitation	
10:10:28 AM	2	Besoin électricité	
10:10:30 AM	6	Les lieux de consommation électricité	
10:10:36 AM	3107	Acheminement	

▪ Cas du participant n°39 (condition « avec carte navigable »)

Time	Durée (en sec)	Nom du nœud ouvert	Question traitée
8:53:50 AM	11	Titre document	Q1 : Economie appareil catégorie A
8:54:01 AM	16	Carte titre document	
8:54:18 AM	50	Titre document	
8:55:07 AM	2	Carte titre document	
8:55:09 AM	3	Besoin électricité	
8:55:12 AM	10	Carte besoin électricité	
8:55:22 AM	310	catégories appareils	
9:00:32 AM	22	Carte appareils catégorie A	Q2 : Gestes économie
9:00:54 AM	198	Gestes réduire consommation	Q3 : Consommation chauffage
9:04:12 AM	49	Carte gestes réduire consommation	
9:05:01 AM	45	Besoin électricité	
9:05:46 AM	13	Carte besoin électricité	
9:05:59 AM	14	Acheminement	
9:06:13 AM	8	Carte acheminement	
9:06:21 AM	6	Répartition consommation habitation	
9:06:28 AM	6	Carte répartition consommation	
9:06:34 AM	21	Titre document	
9:06:55 AM	2	Carte titre document	
9:06:57 AM	3	Acheminement	
9:07:00 AM	1	Carte acheminement	
9:07:01 AM	14	Fournisseur	
9:07:15 AM	2	Carte fournisseur	
9:07:16 AM	14	Besoin électricité	
9:07:30 AM	10	Carte besoin électricité	
9:07:40 AM	5	Lampe a LED	
9:07:45 AM	3	Carte lampe LED	
9:07:48 AM	53	Facture	
9:08:41 AM	10	Carte facture	
9:08:51 AM	43	Gestes réduire consommation	
9:09:34 AM	6	Carte gestes réduire consommation	
9:09:39 AM	44	Besoin électricité	
9:10:23 AM	15	Carte besoin électricité	
9:10:37 AM	12	Fournisseur	
9:10:49 AM	466	Carte fournisseur	

## E. Questionnaire de mesure des difficultés perçues

- Indique à quel point tu as dû réfléchir pour chercher les informations dans le texte.

Très peu  
(presque rien)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Enormément

- Indique à quel point tu as trouvé, la lecture de l'hypertexte avec une tablette, difficile.

Très peu  
(presque rien)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Enormément

- Indique à quel point tu t'es senti(e) perdu(e) dans l'hypertexte.

Très peu  
(presque rien)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Enormément

- Indique à quel point tu as eu du mal à savoir sur quelles pages se trouvaient les informations que tu cherchais.

Très peu  
(presque rien)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Enormément

- Indique à quel point tu ne savais plus où tu étais dans l'hypertexte.

Très peu  
(presque rien)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Enormément

## F. Questionnaire de mesure des perceptions de qualités instrumentales

A quel point es-tu d'accord avec ces affirmations ?

- La tablette me permet de bien voir le texte, les photos, les schémas.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- Grâce à la tablette, j'ai envie de lire les textes documentaires.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- L'hypertexte me permet de trouver rapidement les informations que je cherche.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- Quand je lis un hypertexte, j'apprends rapidement des connaissances en Sciences.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- D'une manière générale, il est facile d'utiliser la tablette pour lire un hypertexte.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- Il est facile et rapide d'apprendre à utiliser une tablette.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- Sur la tablette, si j'appuie quelque part, par erreur, ce n'est pas grave, je peux facilement recommencer.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- C'est facile d'ouvrir les hyperliens.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

- C'est facile d'aller où je veux dans l'hypertexte.

Je ne suis pas du tout d'accord.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Je suis tout à fait d'accord.

## Annexe 2 : Matériaux de l'étude 2.

Ici, le but est de savoir si le participant est plutôt attiré ou plutôt rebuté par le dopage (Chan et al., 2017).

Tick the LEFT column when an item matches "Doping" or "I like" category.

Tick the Right column for anything else

Doping		I dislike
I like		
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>

Block A - single category paper IAT

Tick the LEFT column when an item matches "Doping" or "I dislike" category.

Tick the Right column for anything else

Doping		I like
I dislike		
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	love	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	steroid	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	pleasure	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	evil	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	diuretics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	freedom	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	narcotics	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stimulants	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	happy	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stink	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	filth	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	crash	<input type="radio"/>

Block B - single category paper IAT

## B. Questionnaire de mesures explicites des perceptions de qualité instrumentales vis-à-vis de la tablette

### Avis des élèves sur l'usage des tablettes (Avril 2018)

Ton avis sur la tablette pour rechercher des informations dans un hypermédia nous intéresse. Pour cela, nous avons besoin que tu répondes à quelques questions.

En quelle classe es-tu?

CM1

CM2

**PARTIE 1** : Les phrases suivantes parlent de la facilité à utiliser la tablette pour faire un exercice de recherche d'information dans un hypermédia. Pour chaque phrase, entoure l'image qui indique à quel point tu es d'accord ou en désaccord avec ce que dit la phrase. Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. Réponds ce que tu penses, le plus sincèrement possible.

1. Pour faire l'exercice, la tablette est très facile à utiliser.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	--	--

2. On apprend très rapidement à utiliser la tablette, pour faire l'exercice.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	--	--

3. Pour faire l'exercice, les enfants peuvent utiliser la tablette sans l'aide d'un adulte

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	--	--

4. Pour faire l'exercice avec la tablette, les enfants peuvent se débrouiller tout seuls.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	--	--

**Partie 2 :** Les phrases suivantes parlent de l'utilité de la tablette pour faire un exercice de recherche d'information dans un hypermédia. Pour chaque phrase, entoure l'image qui indique à quel point tu es d'accord ou en désaccord avec ce que dit la phrase.

5. La tablette permet de faire l'exercice rapidement.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	---	--

6. La tablette est très utile pour faire l'exercice.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	---	--

7. Quand on utilise la tablette, on a très envie de faire l'exercice.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	---	--

8. La tablette aide beaucoup à faire l'exercice.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	---	--

9. Avec la tablette, on réussit toujours l'exercice.

 Complètement en désaccord	 Plutôt en désaccord	 Ni d'accord, ni en désaccord	 Plutôt d'accord	 Complètement d'accord
--	--	---	---	--

## C. Test d'association implicite pour la mesure implicite des perceptions vis-à-vis de la tablette pour apprendre

Ici est présenté l'outil de mesure des perceptions d'utilité (le principe est le même pour la mesure des perceptions de la facilité d'usage).

### Jeux de mots

1. Pour pouvoir jouer, il faut être sûr que tout le monde peut lire et catégoriser ces mots. C'est ce que l'on va faire pour commencer.

Des mots qui parlent de la tablette	TABLETTE, NUMERIQUE, APPLICATION, iPad, ECRAN, CLAVIER, INTERNET, CONNEXION
Des objets utiles en classe	cahier, livre, ardoise, surligneur, stylo, colle, ciseaux, gomme
Des objets qui ne sont pas utiles en classe	parasol, biberon, parfum, lit, tracteur, bateau, train, parapluie
Des objets faciles à utiliser pour un enfant	ballon, feutre, brosse, pinceau, jouet, télévision, aimant, cuillère
Des objets difficiles à utiliser pour un enfant	voiture, avion, perceuse, parachute, machine à coudre, tronçonneuse, moto

2. Maintenant, on va jouer. Tu vas devoir classer ces mots. Il faudra faire le plus vite possible sans t'arrêter. Si tu penses que tu as fait des erreurs, ce n'est pas grave : ne t'arrête pas ; continue. Tu t'arrêteras seulement lorsque je le dirai.

On va faire plusieurs parties. Avant chaque partie, tu pourras t'entraîner.

**ENTRAINEMENT 1 :**

Cette fois- ci, pour chaque mot inscrit dans la colonne centrale, le plus vite possible :

- Coche le bouton à gauche si le mot parle de la tablette ou d'un objet qui n'est pas utile, en classe, pour apprendre ;

- Coche le bouton à droite si le mot parle d'un objet qui est utile, en classe, pour apprendre.

Tu as 20 secondes.

<b>TABLETTE</b>		
<b>ou</b>		
<b>objet pas utile en classe</b>		<b>objet utile en classe</b>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stylo	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	livre	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	tracteur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	surligneur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	INTERNET	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	biberon	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>

## PARTIE 1

A mon signal, tu retourneras la feuille et tu cocheras les cases le plus vite possible. Tu auras 35 secondes, pour cocher les cases.

TABLETTE		
ou		
objet pas utile en classe		objet utile en classe
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stylo	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	texte	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	tracteur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ardoise	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parasol	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	livre	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	INTERNET	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	biberon	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	surligneur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	texte	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	train	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	gomme	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ciseaux	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parfum	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	INTERNET	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	colle	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>

### ENTRAINEMENT 2 :

Pour chaque mot inscrit dans la colonne centrale, le plus vite possible :

- Coche le bouton qui se trouve à gauche si le mot parle de la tablette ou d'un objet utile, en classe, pour apprendre ;

- Coche le bouton à droite si le mot parle d'un objet qui n'est pas utile, en classe, pour apprendre.

Tu as 20 secondes.

<b>TABLETTE</b>		
<b>ou</b>		
<b>objet utile en classe</b>		<b>objet pas utile en classe</b>
<input type="radio"/>	<b>TABLETTE</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	livre	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>NUMERIQUE</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	gomme	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>iPAD</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	biberon	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>CONNEXION</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parfum	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>ECRAN</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ardoise	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>APPLICATION</b>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parapluie	<input type="radio"/>

## PARTIE 2

A mon signal, tu retourneras la feuille et tu cocheras les cases le plus vite possible. Tu auras 35 secondes, pour cocher les cases.

<b>TABLETTE</b>		
<b>ou</b>		
<b>objet utile en classe</b>		<b>objet pas utile en classe</b>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parapluie	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ciseaux	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	APPLICATION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ardoise	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	lit	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	stylo	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	cahier	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	bateau	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ECRAN	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	colle	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	INTERNET	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	biberon	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	tracteur	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	TABLETTE	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	parasol	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CLAVIER	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	ciseaux	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	iPAD	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	lit	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	CONNEXION	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	gomme	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	NUMERIQUE	<input type="radio"/>

# Annexe 3 : Matériaux de l'étude 3

## A. Matériel de la tâche de recherche d'information pour les groupes qui travaillaient dans la condition de support « papier »

Ce document composite a été imprimé sur une feuille A3.

De plus, pour les élèves qui travaillaient avec une carte, la carte était imprimée sur une feuille A4, jointe sur papier libre au document composite.

### LE TERRITOIRE FRANÇAIS DANS LE MONDE : LA MÉTROPOLE ET LES TERRES D'OUTRE-MER

**Le territoire français est réparti dans plusieurs continents**

Un continent est une grande étendue de terre qui regroupe plusieurs pays et leurs îles proches. Sur un même continent, les paysages sont très variés mais les habitants ont des façons de vivre qui se ressemblent. Les géographes et les scientifiques proposent plusieurs modèles pour délimiter les continents. Le modèle le plus simple et qui très utilisé est le modèle à six continents. Une grande partie du territoire français se trouve dans les Terres d'Outre-Mer : c'est la France d'Outre-mer.

**Le modèle à six continents :** voir carte 1

- l'Afrique;
- l'Amérique constituée de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud;
- l'Asie : c'est le continent le plus vaste, il couvre presque 1/3 de la superficie totale de la terre. C'est aussi le plus peuplé; 6 personnes sur 10 dans le monde vivent en Asie;
- l'Océanie qui se compose d'un vaste pays (l'Australie) et de nombreuses îles;
- l'Europe;
- l'Antarctique : c'est le continent le plus froid. Il est situé au Pôle Sud. La faune et de la flore sont très pauvres. De nombreuses espèces animales se développent sur le littoral (à bord de mer) car à cet endroit, il y a beaucoup de plancton. L'Antarctique est consacré à la recherche scientifique.

**LEXIQUE**

- un océan : c'est une gigantesque étendue d'eau salée qui sépare les continents
- une mer : c'est une étendue d'eau salée de taille moyenne qui borde un continent
- une île : c'est une petite étendue de terre entourée d'eau
- un archipel : c'est un groupé d'îles

**Les Terres d'Outre-mer**

La majeure partie du territoire français se trouve en Europe : c'est la métropole. Mais, la France possède aussi des territoires ailleurs dans le monde (carte 2). Par exemple, Terre-Adélie et Mayotte.




Terre-Adélie
Mamoudzou : la plus grande ville de Mayotte

Nombre de pays par continent	
Continent	Nombre de pays
Océanie	14
Europe	45
Asie	47
Antarctique	-
Amérique	45
Afrique	54



Carte 1 : Situation géographique des six continents

**Superficie des continents (km<sup>2</sup>)**



30 065 000	7 687 000	9 938 000	■ Océanie
42 074 000	13 209 000	44 579 000	■ Europe
			■ Asie
			■ Antarctique
			■ Amérique
			■ Afrique



Carte 2 : Situation des territoires français dans le monde

■ Métropole   
 ■ Département et régions français sous-outrémer   
 ■ Territoires français autonomes   
 ■ Zones maritimes appartenant à la France

**B. Test d'évaluation des connaissances initiales, en lien avec le dossier documentaire sur « Le territoire français dans le monde » (cf. questions 2, 4, 6 et 8)**

Les questions 1, 3, 5, 7 ont été ajoutées pour perturber la mémorisation du contenu mais les réponses n'ont pas été comptabilisées.

*Avant de commencer la leçon de Géographie sur « Le Territoire Français dans le monde », j'ai besoin que tu me montres ce que tu connais déjà. Pour cela, je vais te poser quelques questions. Si tu ne sais pas répondre, ce n'est pas grave. Tu apprendras bientôt cela.*

Comment t'appelles-tu ? .....

En quelle classe es-tu ?

Question 1 : Qu'est-ce qu'un continent ?

.....

Question 2 : Sur quel continent se trouve l'Australie?

.....

Question 3 : Quels sont les noms des océans ?

.....

Question 4 : Combien de pays y a-t-il sur le continent africain?

.....

Question 5 : La France est présente sur cinq continents : lesquels ?

.....

Question 6 : Comment se fait-il qu'il y ait toute l'année beaucoup de glace en Terre- Adélie?

.....

Question 7 : La France est entourée de plusieurs mers et océans. Ceci est un avantage.

Pourquoi?

.....

Question 8 : Pourquoi parle-t-on français à Mamoudzou?

.....

## Annexe 4 : Matériel d'évaluation des habiletés initiales en recherche d'information dans un document non linéaire imprimé (utilisé pour les études 3 et 4)

### ANTARCTIQUE : TERRE DE GLACE

#### Présentation de l'Antarctique

##### Qu'est-ce que l'Antarctique?

L'Antarctique est un continent qui se trouve tout au sud de notre planète. Le pôle Sud se trouve au centre. Le continent est couvert d'une couche de glace qui peut atteindre une épaisseur de 1 500 mètres ou plus : c'est l'inlandsis. Le climat de l'Antarctique est rude. C'est le continent le plus froid, le plus venteux. C'est aussi le continent le plus haut en altitude. L'atmosphère est particulièrement stable, pure et sèche. La faune et la flore sont inégalement répartie. Très peu de gens y vivent l'année entière. Des scientifiques y font de courts séjours dans des stations de recherche construites spécialement pour ça : par exemple, Concordia. En Antarctique, les saisons sont inversées par rapport à l'Europe. L'été va d'octobre à mars. Pendant cette période, le soleil ne se couche jamais : il fait jour tout le temps. En hiver, d'avril à septembre, c'est le contraire : l'Antarctique est plongé pendant six mois dans une obscurité permanente.

##### Le climat de l'Antarctique

En Antarctique, il fait plus froid que tu ne peux l'imaginer, même en été ! Le pôle Sud est le point le plus froid de l'Antarctique. La température moyenne en janvier, c'est à dire au milieu de l'été, est de moins 28 degrés Celsius (ce qui s'écrit -28 °C). Le « moins » veut dire plus froid que la température à partir de laquelle l'eau gèle c'est-à-dire 0 °C. En hiver, d'avril à septembre, la température moyenne au pôle Sud peut descendre jusqu'à -89 °C. Quand il fait aussi froid, si on lançait une tasse d'eau bouillante en l'air, l'eau gèlerait avant de retomber sur la glace. Parfois, les scientifiques doivent utiliser des réfrigérateurs pour garder leurs échantillons au chaud !



Carte de l'Antarctique

##### La station scientifique Concordia

Concordia est une station scientifique franco-italienne implantée en Antarctique. En hiver, les conditions de vie ressemblent à celles d'une station spatiale : les températures extrêmes peuvent atteindre -80°C, six mois de nuit, isolement total des hivernants pendant, vie en groupe restreint (une dizaine de personnes). Cependant, l'activité de la station est importante toute l'année : notamment, en astronomie. L'Antarctique est idéal pour des observations du soleil en été et des étoiles en hiver.



##### La faune et la flore

L'inlandsis est un véritable désert de vie. En revanche, l'environnement marin est extrêmement riche. Presque toute la vie en Antarctique est concentrée dans la mer ou sur la côte. On y trouve notamment une quarantaine d'espèces d'oiseaux, parmi lesquels des sternes et des manchots. L'océan est riche en minuscules organismes : le plancton et le krill. On y trouve aussi près de 300 espèces de poissons et quelques mammifères marins : des baleines, des orques, des phoques et des otaries. Par contre, la flore est assez rare et se limite à quelques lichens, mousses, algues et à deux espèces de plante à fleurs.

##### Les manchots en Antarctique

En Antarctique, les manchots sont plus nombreux que toute autre espèce d'oiseau. Les manchots ne savent pas voler, mais ils se servent de leurs courtées ailes comme de palmes pour nager. Ce sont d'ailleurs d'excellents nageurs. Sur terre, ils se dandinent en se tenant bien droit ou se déplacent en faisant de petits bonds. Les manchots ont de nombreuses plumes qui se recouvrent les unes les autres. C'est grâce à elles, ainsi qu'à leur duvet laineux et à leur épaisse couche de graisse, que les manchots se protègent de l'air froid, du vent et de l'eau. Pour avoir encore plus chaud, les manchots se blottissent par groupes les uns contre les autres.



##### Le krill

Le krill antarctique ressemble à une crevette. Il est minuscule. Les individus vivent en grands groupes, appelés « essaims » qui comptent 10 000 à 30 000 individus par mètre cube.

