



HAL
open science

Effet des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans des environnements multimédias interactifs

Tiphaine Colliot

► **To cite this version:**

Tiphaine Colliot. Effet des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans des environnements multimédias interactifs. Psychologie. Université Rennes 2, 2018. Français. NNT : 2018REN20049 . tel-01948688

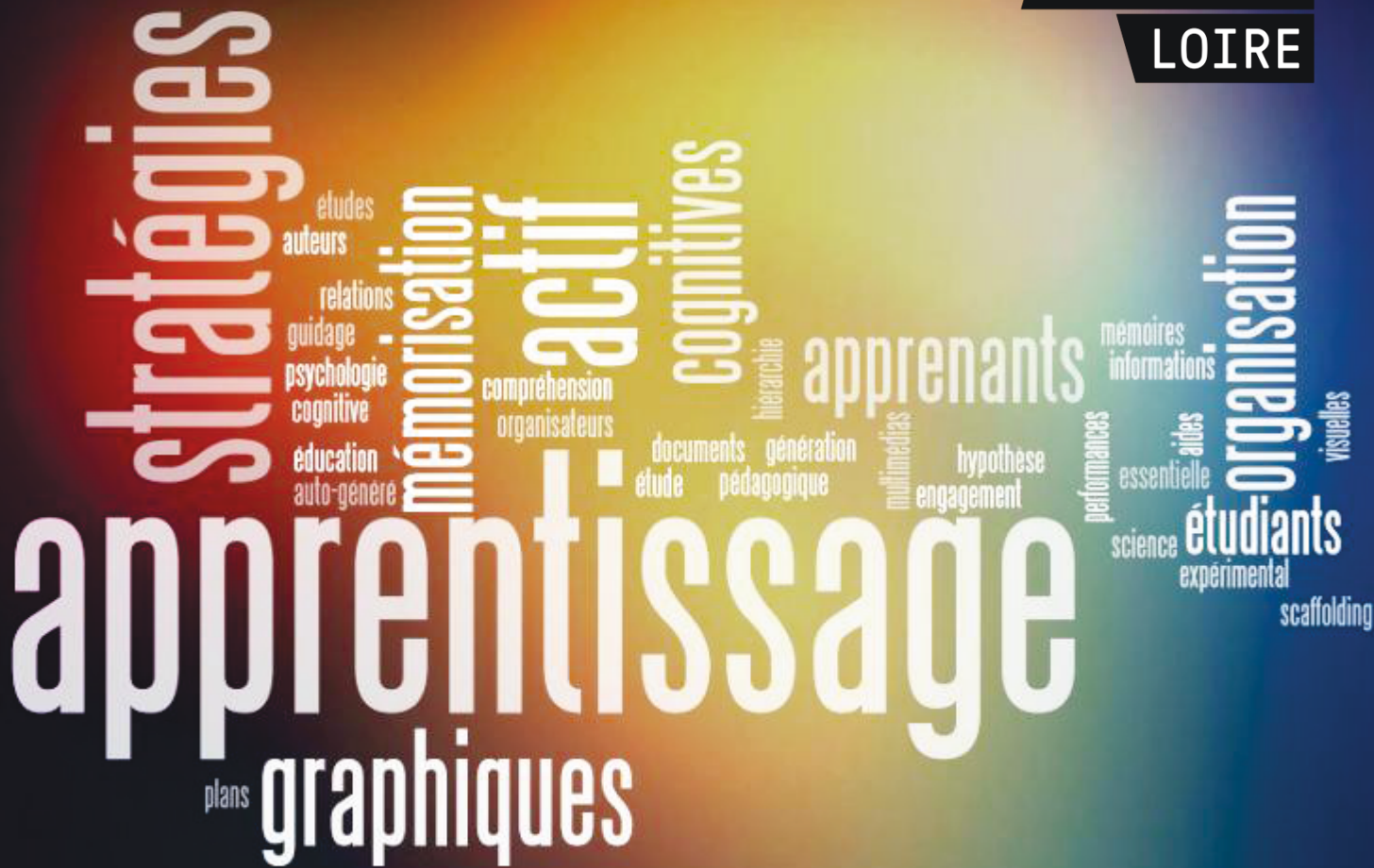
HAL Id: tel-01948688

<https://theses.hal.science/tel-01948688>

Submitted on 8 Dec 2018

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

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



THESE / Université Rennes 2

sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ RENNES 2

Mention : Psychologie

École doctorale : Éducation, Langage, Interactions, Cognition,
Clinique (ED 603 ELICC)

présentée par

Tiphaine Colliot

Préparée au sein du LP3C (EA1285)

Université Rennes 2

Laboratoire de Psychologie : Cognition,
Comportement, Communication

Effet des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans des environnements multimédias interactifs

Thèse soutenue le 16 Novembre 2018

devant le jury composé de :

Franck AMADIEU

Professeur des Universités, Université Toulouse Jean Jaurès / Rapporteur

Jean-Michel BOUCHEIX

Professeur des Universités, Université Bourgogne Franche-Comté / Examineur

Julie LEMARIÉ

Maître de Conférences, Université Toulouse Jean Jaurès / Rapporteur

Éric JAMET

Professeur des Universités, Université Rennes 2 / Directeur de thèse



UNIVERSITÉ RENNES 2 – HAUTE BRETAGNE

Laboratoire de Psychologie : Cognition, Comportement,
Communication (LP3C)

École Doctorale Education, Langage, Interactions, Cognition,
Clinique (ED 603 ELICC)

Sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

**Effet des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans
des environnements multimédias interactifs.**

Thèse de Doctorat

Discipline : Psychologie

Présentée par Tiphaine COLLIOT

Directeur de thèse : Éric JAMET

Soutenue le 16 Novembre 2018

Jury :

Franck AMADIEU

Professeur des Universités, Université Toulouse Jean Jaurès (*Rapporteur*)

Jean-Michel BOUCHEIX

Professeur des Universités, Université Toulouse Jean Jaurès (*Examineur*)

Julie LEMARIÉ

Maître de Conférences, Université Toulouse Jean Jaurès (*Rapporteur*)

Éric JAMET

Professeur des Universités, Université Rennes 2 (*Directeur de thèse*)

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier chaleureusement Éric Jamet, pour m'avoir appris (et continuer à m'apprendre) tellement de choses, pour m'avoir guidé tout au long de ses années, pour ses conseils, son écoute et sa confiance. Merci d'avoir répondu à ce premier mail en L3 lorsque j'avais finalement décidé de me lancer dans l'aventure de la thèse.

Je tiens également à remercier les membres du jury, Franck Amadiou, Jean-Michel Boucheix et Julie Lemarié, pour votre expertise et le temps accordé à mon travail.

Je souhaite également remercier toute l'équipe du LP3C et plus particulièrement l'équipe de psychologie cognitive / différentielle / statistiques pour tous ces moments et ces échanges. Je tiens notamment à remercier Corentin Gonthier pour sa disponibilité permanente à mes questions statistiques, Alessandro Guida pour la relecture de mon matériel expérimental (et pour m'avoir fait découvrir de nouvelles séries tellement cool !) ainsi qu'Olivier pour m'avoir fait découvrir dès la première année à quel point la psychologie cognitive est géniale (je me souviendrai toujours de mon premier cours dans l'ancien amphi B8).

Merci aussi à tous les doctorants et ex-doctorants de cognitive / différentielle pour tous nos échanges : Anne-Laure, Jean, Julie, Jonathan, Laurine, Natacha, Nicolas, Patrick, Salomé, Sonya et Sylvain. Merci également aux doctorants de développement pour ces moments quotidiens : Anne-Sophie, Emeline, Mélissa, Gaëtan, Sarah et Vanina. Merci aux doctorants de sociale notamment Anne-Laure, Anta, Brivael, Genavee, Johanna et tous les autres ! Je pense aussi au bureau du milieu bien entendu : Jérémy, Julie, Mathieu, Martin et Maxime. Merci pour tous ces bons moments.

Je souhaite également remercier tous les étudiants qui ont participé aux études de cette thèse. Sans vous, il n'y aurait pas cette deuxième partie, toutes ses conférences et ses articles en perspectives alors merci énormément !

Je souhaite également remercier toute l'équipe du Nebraska qui a rempli mon séjour doctoral aux Etats-Unis de moments inoubliables. Je vais donc faire une brève parenthèse en anglais pour les remercier : Kenneth, you are amazing not only as a researcher but also as a person. I am so glad to work with you and I will always be grateful for your warm welcoming in Lincoln. I've discovered so many things about Nebraska like the Huskers or Runza and I also learned a great deal from you with the teaching classes, our meetings and all of our talks! Thank you for everything. Abraham and Linlin, you both are amazing researchers and friends! I hope we will see each other again very soon! Carrie, thank you for being the best office partner in Nebraska! I really hope you'll come to visit! Thank you Sheldon for the Bachelorrete's party and thank you Junrong. Finally I'd like to add: There is (definitely) no place like Nebraska! I really miss all of you.

Je souhaite bien entendu remercier mes amis de tous les temps : Lise, Alex, Lucile, Pierre, Jérémy, Mathilde, Julie, Adam, Charline et Priscille. Vous êtes les meilleurs amis qu'on puisse rêver d'avoir. Merci pour tout ce que vous êtes. Il est difficile de vous remercier à la hauteur de tout ce que vous m'apportez alors tout simplement : un immense merci !

Merci également à toute ma famille pour son soutien : mes parents, maminette, papyllon, Richard, Ludo et Emmanuel.

Axel, merci pour ton soutien inconditionnel et pour la confiance que tu as en moi. Merci d'être une personne si inspirante à mes yeux et merci pour tous ces moments de bonheur (et aussi merci pour le déménagement et les travaux... haha). Merci pour tellement de choses en fait !

Marie, je souhaitais trouver les bons termes pour te remercier et je pense que ce que je pourrai dire c'est que tu es pour moi une personne merveilleuse, exceptionnelle et extraordinaire. Merci pour tout ce que tu m'apportes et merci d'être tout simplement qui tu es.

Table des matières

Remerciements	4
Préambule	12
Introduction générale	14
PARTIE I – CADRE THÉORIQUE	17
Chapitre 1 – Apprendre à partir de documents multimédias	18
1. La compréhension de textes	19
1.1. Le modèle construction-intégration de van Dijk et Kintsch	19
1.2. La théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer	21
1.3. La méthode SOAR de Kiewra (Sélection-Organisation-Association-Régulation)	26
2. Les stratégies d'apprentissage	28
2.1. Classification des stratégies d'apprentissage	28
2.2. Les stratégies cognitives	29
2.2.1. Les stratégies de répétition	29
2.2.2. Les stratégies d'organisation	30
2.2.3. Les stratégies d'élaboration	31
2.3. Les stratégies métacognitives	32
Chapitre 2 – Les effets de la présence d'aides visuelles sur l'apprentissage	35
1. La mise en évidence d'informations	36
2. Les effets de l'ajout d'un plan sur les performances d'apprentissage	39
3. L'ajout de graphiques organisateurs	46
4. La comparaison de différents types d'aides visuelles	52
Chapitre 3 – Les activités de génération	61
1. L'apprentissage par génération	62
1.1. La théorie générative de Wittrock	62
1.2. Deux hypothèses des effets de génération sur l'apprentissage	66
2. La génération d'aides visuelles	69
2.1. Générer un plan	69
2.2. Générer un graphique organisateur	71
2.3. La comparaison de différents types d'aides visuelles	77

PARTIE II – PARTIE EXPÉRIMENTALE	82
Préambule	83
Création du matériel expérimental.....	83
1. Choix du thème	83
2. Création du contenu pédagogique.....	83
3. Création des aides visuelles	85
4. Création du questionnaire d'apprentissage	88
5. Création des tutoriels vidéos	90
CHAPITRE 1	
Étude 1 : Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un graphique organisateur sur l'apprentissage des étudiants	92
1. Introduction	92
2. Hypothèses opérationnelles.....	93
3. Méthode	95
3.1. Participants	95
3.2. Matériel.....	97
3.2.1. Tutoriels vidéos	97
3.2.2. Environnements d'apprentissage	97
3.3. Mesures.....	99
3.3.1. Questionnaire de connaissances préalables et données démographiques	99
3.3.2. Difficulté perçue du document d'apprentissage	99
3.3.3. Questionnaire d'apprentissage.....	99
3.3.4. Temps d'apprentissage	100
3.4. Procédure	101
3.5. Analyse des données.....	102
4. Résultats.....	102
4.1. Analyses statistiques préliminaires	102
4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage ?	104
4.3. La présentation séquentielle des informations du graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage des étudiants face à une présentation statique ?.....	105
4.4. L'auto-génération d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?.....	106
4.5. Temps d'apprentissage.....	108
5. Discussion.....	109

CHAPITRE 2

Étude 2 : Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un plan sur l'apprentissage

des étudiants	115
1. Introduction	115
2. Hypothèses opérationnelles	117
3. Méthode	118
3.1. Participants	118
3.2. Matériel.....	119
3.2.1. Tutoriels vidéos	119
3.2.2. Environnement d'apprentissage.....	120
3.3. Mesures.....	121
3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques	121
3.3.2. Difficulté perçue du document d'apprentissage	121
3.3.3. Questionnaire d'apprentissage.....	121
3.3.4. Temps d'apprentissage	122
3.4. Procédure	122
3.5. Analyse des données.....	123
4. Résultats	124
4.1. Analyses préliminaires	124
4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un plan améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?	126
4.3. L'auto-génération d'un plan pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?.....	127
4.4. Temps d'apprentissage.....	129
5. Discussion	129

CHAPITRE 3

Étude 3 : Guider les étudiants dans la génération d'un graphique organisateur :

comparaison d'une génération totale à une génération partielle	135
1. Introduction	135
2. Hypothèses opérationnelles	136
3. Méthode	138
3.1. Participants	138
3.2. Matériel.....	139
3.2.1. Tutoriels vidéos	139
3.2.2. Environnements d'apprentissage	140
3.3. Mesures.....	141
3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques	141

3.3.2. Difficulté perçue du document d'apprentissage	142
3.3.3. Questionnaire d'apprentissage.....	142
3.3.4. Temps d'apprentissage	142
3.4. Procédure	143
3.5. Analyse des données.....	143
4. Résultats	144
4.1. Analyses préliminaires	144
4.2. L'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia peut-il améliorer les performances d'apprentissage des étudiants ?	146
4.3. L'auto-génération totale d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l'apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d'un graphique organisateur ?	147
4.4. L'auto-génération partielle d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l'apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d'un graphique organisateur ?	149
4.5. La génération partielle d'un graphique organisateur entraîne-t-elle de meilleures performances comparativement à une génération totale ?	151
5. Discussion	152

CHAPITRE 4

Étude 4 : Éviter la situation de recopie : la construction d'un graphique sans accès simultané au document.....	158
1. Introduction	158
2. Hypothèses opérationnelles.....	159
3. Méthode	160
3.1. Participants	160
3.2. Matériel.....	162
3.2.1. Tutoriels vidéos et consignes	162
3.2.2. Environnement d'apprentissage.....	164
3.3. Mesures.....	165
3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques	165
3.3.2. Évaluation subjective de l'effort investi au cours de l'apprentissage	165
3.3.3. Performances d'apprentissage.....	165
3.3.4. Temps d'apprentissage	166
3.4. Procédure	166
4. Résultats	167
4.1. Analyses statistiques des données	167

4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?	169
4.3. Un apprentissage « <i>actif</i> » – où les étudiants complètent un graphique organisateur – entraîne-t-il de meilleures performances qu'un apprentissage où les étudiants consultent un graphique organisateur qui leur est donné ?	170
4.3. Contraindre l'accès au document multimédia pendant la consultation ou la complétion du graphique organisateur a-t-il influencé les performances d'apprentissage des étudiants ?	171
5. Discussion	174

CHAPITRE 5

Étude 5 : Éviter une situation de double-tâche : séparer la phase de construction de la phase d'apprentissage	177
1. Introduction	177
2. Hypothèses opérationnelles	178
3. Méthode	180
3.1. Participants	180
3.2. Matériel	182
3.2.1 Tutoriels vidéos et consignes	182
3.2.2. Environnement d'apprentissage	183
3.3. Mesures	184
3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques	184
3.3.2. Efforts perçus investis pendant l'apprentissage	185
3.3.3. Performances d'apprentissage	185
3.3.4. Temps d'apprentissage	186
3.4. Procédure	186
4. Résultats	187
4.1. Analyses préliminaires	187
4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?	189
4.3. Quels sont les effets de la génération d'un graphique organisateur face à la consultation d'un graphique organisateur sur les performances d'apprentissage des étudiants ?	190

4.3. Quels sont les effets sur l'apprentissage d'un guidage dans le traitement des informations (phases séparées) face à l'absence de guidage (phases combinées) en condition de génération ?	193
5. Discussion	195
Discussion Générale	198
1. Objectifs des études réalisées et rappel des hypothèses	198
2. Contributions empiriques et théoriques	200
2.1. Les effets de l'ajout d'aides visuelles	200
2.2. Les effets de l'auto-génération d'aides visuelles	202
2.2.1. L'auto-génération totale	202
2.2.2. L'auto-génération partielle	204
2.3. Contraindre l'accès au document	205
2.4. La segmentation des tâches de génération et d'apprentissage	206
3. Limites et perspectives de recherches	207
3.1. Les caractéristiques des participants	207
3.2. La qualité des aides visuelles générées	209
3.3. Le type de graphique organisateur	209
3.4. Les performances d'apprentissage au long terme	210
3.5. Engagement cognitif et engagement comportemental	210
3.6. Mesures de la charge cognitive	211
3.7. Les conditions écologiques	212
4. Conclusion générale	213
Bibliographie	214
Annexes	244
Index des tableaux	277
Index des figures	278

Préambule

Publications issus des travaux de cette thèse

Articles à comité de lecture

- Colliot, T., & Jamet, É.** (2018). Does self-generating a graphic organizer improve students' learning? *Computers & Education*, 126, 13-22. doi: 10.1016/j.compedu.2018.06.02.8
- Colliot, T., & Jamet, É.** (2018). How does adding versus self-generating a hierarchical outline while learning from a multimedia document influence students' performances? *Computers in Human Behavior*, 80, 354-361. doi: 10.1016/j.chb.2017.11.037
- Colliot, T., & Jamet, É.** (*En révision*). Asking Students to Be Active Learners: The Effects of Totally or Partially Self-Generating a Graphic Organizer on Students' Learning Performances. *Instructional Science*.

Communications orales, nationales et internationales

- Colliot, T., & Jamet, É.** (2018). Les effets de génération (totale ou partielle) sur les performances d'apprentissage des étudiants. *Colloque Doctoral International de l'Éducation et de la Formation, October, 23rd-24th*, Rennes, France.
- Colliot, T., & Jamet, É.** (2018). Does Viewing or (Totally or Partially) Self-Generating a Graphic Organizer Improve Students' Learning? *EARLI SIG 2 Comprehension of Text and Graphics, August, 27th-29th*, Freiburg, Germany. **Junior Research Award for Best paper presentation.**
- Colliot, T.** (2018). Effets des activités de génération sur l'apprentissage des étudiants dans les environnements multimédia interactifs. *Journée des doctorants du LP3C, 7 Juin*. Rennes, France.
- Colliot, T.** (2018). The Effects of Generative Activities on Students' Learning from Document. *Presentation at the Educational Psychology lab, Developmental & Learning Sciences Program, April, 3rd*. Lincoln, Nebraska, United States of America.
- Colliot, T., & Jamet, É.** (2017). Multimedia learning: What are the effects on learning of viewing or generating an outline while studying? *10th Conference of the Media Psychology Division, September, 6th-8th*, Landau, Germany.
- Colliot, T., & Jamet, É.** (2017). Apprentissage actif : la construction d'un plan peut-elle favoriser l'apprentissage ? *58^{ème} congrès annuel de la Société Française de Psychologie, 30 Août – 1^{er} Septembre*, Nice, France.
- Colliot, T., & Jamet, É.** (2017). Faut-il rendre l'apprenant actif dans son apprentissage ? Le cas des graphiques organisateurs. *9^{ème} conférence de psychologie ergonomique ÉPIQUE, 5-7 Juillet*, Dijon, France.

Publications issus de différents projets réalisés au cours de cette thèse

Articles à comité de lecture

Colliot, T., & Jamet, É. (2018). Understanding the Effects of a Teacher Video on Learning From a Multimedia Document: An Eye-Tracking Study. *Educational Technology Research and Development*. 1-19. doi: 10.1007/s11423-018-9594-x

Kiewra, K. A., Colliot, T., Lu, J. (In press). Note This: How to Improve Student Note Taking. The IDEA Center, <http://www.theideacenter.org/>.

Communications orales, nationales et internationales

Colliot, T., Luo, L., Flanigan, A., Kiewra, K. A., Lu, J., Kennedy, C., & Black, S., (2019, soumis). How Graphic Organizers and Note Taking Impact Achievement. *AERA American Educational Research Association*, Toronto, Canada.

Jamet, É., Cojean, S., Colliot, T., Erhel, S., & Gonthier, C. (2018). Les pratiques de multitasking des étudiants ont-elles une influence sur la qualité de leurs apprentissages? *16^{ème} séminaire MARSOUIN, 31 Mai & 1er Juin*, Auray, France.

Colliot, T., Cojean, S., Jamet, É., & Fleury, S. (2016). Effet de la présence de la vidéo de l'enseignant sur l'apprentissage à partir d'un cours en ligne : apports de l'eye-tracking. *14^{ème} séminaire MARSOUIN, 26 Mai*, Douarnenez, France.

Communications affichées

Colliot, T., Flanigan, A., Luo, L., Lu, J., Kennedy, C., Black, S., & Kiewra, K. A. (2018). The Effects of Provided Versus Partial Organizers for Computer-Based Learning. *UNL Research Fair, April, 10th*, Lincoln, Nebraska, USA.

Colliot, T., & Jamet, É. (2016). What are the effects of the introduction of a teacher's video in multimedia lessons? An eye-tracking study. *EARLI SIG 2 Comprehension of Text and Graphics, July, 11th-13th*, Geneva, Switzerland.

Colliot, T. (2016). Faut-il ajouter la vidéo d'un enseignant dans un module de cours à distance ? *6^{ème} Rencontres Jeunes Chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (RJC EIAH), 16-17 Juin*, Montpellier, France.

Introduction générale

Du fait de l'usage de plus en plus fréquent des ordinateurs par les étudiants, l'apprentissage à partir de documents numériques s'est grandement développé. Les étudiants sont alors exposés à une quantité importante d'informations à traiter en vue d'atteindre différents objectifs (e.g., apprentissage d'un cours, préparation pour un exposé oral, recherche d'informations). En effet, il existe de nombreux formats de présentation de l'information : les cours peuvent être sous format audio, vidéo, écrit, etc. De plus, ces cours sont généralement composés de plusieurs sources d'informations telles que des illustrations, des sommaires, du texte, des animations, etc. Ces éléments vont influencer la manière dont les étudiants traiteront les informations présentées et par conséquent cela aura des répercussions sur leur apprentissage. Pour cette thèse, nous nous sommes focalisés sur les environnements multimédia interactifs.

Selon Mayer (2014a, p.23), le terme multimédia renvoie à la simple présentation de mots et d'images. Ainsi, lorsqu'un étudiant va apprendre à partir de ce type de document, celui-ci devra traiter plusieurs modes d'information (i.e., verbal pour les mots et non verbal pour les images) présentés dans une ou plusieurs modalités sensorielles (visuelle, auditive). De plus, lorsqu'un document est qualifié d'interactif, cela signifie que l'apprenant va être en mesure de réaliser des actions sur le document pédagogique. Un document pédagogique sera, par exemple, considéré comme étant interactif lorsque des possibilités de navigation au sein du document seront laissées au lecteur (i.e., retours en arrière, pauses, etc.).

Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés à l'apprentissage des étudiants dans ce type d'environnement. L'apprentissage d'un texte est défini par Kintsch (1994, p.294, notre traduction) comme étant « *la capacité à utiliser l'information donné dans le texte dans d'autres contextes. Par exemple, la capacité à inférer de nouveaux éléments à partir des informations du texte, utilisées conjointement aux connaissances préalables de l'apprenant afin de résoudre de nouveaux problèmes et l'intégration de l'ensemble de ces éléments aux connaissances préalables.* ». Aussi, l'apprentissage multimédia correspond, d'après Mayer (2014a, p.23) à « *l'élaboration de représentations mentales à partir des mots et des images* ». En vue d'une compréhension profonde des informations

présentées, il est donc nécessaire que les étudiants extraient la macrostructure d'un texte et mettent en lien les informations présentées. L'importance de ces actions est soulignée dans le modèle de Kintsch et van Dijk (1978) qui sera décrit dans le premier chapitre théorique de cette thèse. De plus, la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer (2001, 2009, 2014a) ainsi que le modèle de Fiorella et Mayer (2015, 2016) illustrent les trois processus cognitifs nécessaires à un apprentissage de qualité à savoir la sélection et l'organisation des informations présentées ainsi que l'intégration de ces informations avec les connaissances préalables de l'apprenant. Nous nous sommes alors centrés sur les stratégies d'apprentissage favorisant l'utilisation de ces processus cognitifs par les apprenants. Les stratégies d'apprentissage sont ici définies comme étant des activités cognitives réalisées afin d'atteindre un objectif d'apprentissage donné. Dans ce cadre, la méthode SOAR de Kiewra (2005, 2012) s'avère particulièrement intéressante dans la mesure où elle présente les étapes d'un apprentissage de qualité ainsi que plusieurs stratégies efficaces pouvant être utilisées pour chacune de ces étapes.

La question du rôle actif de l'apprenant est fondamentale dans les modèles de l'apprentissage que nous décrivons ici (Fiorella & Mayer, 2016 ; Kintsch & van Dijk, 1978 ; Mayer, 2014a). Ce rôle actif renvoie notamment aux travaux conduits par Merlin Wittrock (1974, 1989) et plus précisément à la théorie générative selon laquelle l'apprenant doit activement générer de l'information afin d'accéder à un bon niveau d'apprentissage. Afin d'engager activement les apprenants dans la création de sens à partir des informations présentées, une activité de génération peut leur être demandée.

Parallèlement, de nombreuses études ont montré que l'ajout d'une aide visuelle à un document pédagogique permet d'améliorer la mémorisation ainsi que la compréhension des apprenants. Ces aides visuelles peuvent se présenter sous la forme de plan correspondant à une liste des thèmes et des sous-thèmes importants du document ou encore sous la forme de graphiques organisateurs correspondant à une représentation spatiale de l'organisation conceptuelle d'un texte mettant en évidence l'ensemble des informations essentielles d'un document ainsi que leurs relations hiérarchiques (e.g., Robinson & Kiewra, 1995 ; Kiewra, 2012 ; Stull & Mayer, 2007). En représentant explicitement la structure du document, l'ajout d'aides visuelles a des effets positifs sur les performances d'apprentissage des apprenants (e.g., Bera & Robinson, 2004 ; Robinson & Kiewra, 1995). Nous nous sommes donc

interrogés sur les effets de génération de ce type d'aide visuelle par les apprenants eux-mêmes au cours de leur apprentissage. Les résultats des études réalisées sur l'auto-génération d'aides visuelles apparaissent contrastés dans la littérature. En effet, tandis que certaines études soutiennent des effets positifs de génération (engagement plus important dans la tâche, traitement plus profond des informations), d'autres démontrent des effets néfastes (demandes excessives de la tâche qui consomment les ressources cognitives des apprenants). De plus, peu d'études ont comparé la génération de ce type d'aides à leurs simples présences. L'objectif de cette thèse est donc de favoriser la mise en place des processus cognitifs nécessaires à un apprentissage de qualité (sélection, organisation, intégration) via la stratégie d'apprentissage d'auto-génération d'aides visuelles. Cette thèse a également pour vocation d'approfondir nos connaissances actuelles des effets de génération sur les performances d'apprentissage dans plusieurs situations à travers une série de six études expérimentales.

Partie I – Cadre Théorique

CHAPITRE 1

Apprendre à partir de documents multimédias

Dans ce premier chapitre, nous nous intéresserons aux processus impliqués dans le traitement des informations présentées aux apprenants au sein d'un document multimédia dans des situations d'apprentissage. À ce titre, nous développerons plusieurs modèles de l'apprentissage utilisé en psychologie cognitive et plus spécifiquement en psychologie de l'éducation. Dans un premier temps, nous présenterons le modèle de compréhension de textes de van Dijk et Kintsch (1983), les modèles de traitement des documents pédagogiques multimédias (théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer, 2014a ; théorie de l'apprentissage affectivo-cognitif de Moreno et Mayer, 2007) ainsi que le modèle Sélection-Organisation-Intégration de Fiorella et Mayer (2016) décrivant les processus cognitifs impliqués dans le traitement des informations. Enfin, la méthode Sélection-Organisation-Association-Régulation de Kiewra sera présentée (SOAR, 2005). Ces modèles ont été retenus afin de souligner l'importance de l'extraction de la macrostructure du document (van Dijk & Kintsch, 1983) ainsi que l'importance de l'implication des apprenants dans des processus cognitifs spécifiques permettant un apprentissage de qualité (Fiorella & Mayer, 2016 ; Mayer, 2014a). La méthode de Kiewra permettra, en outre, de présenter les étapes d'un apprentissage de qualité.

Dans un second temps, nous nous focaliserons sur les stratégies d'apprentissage. Pressley, Forrest-Pressley, Elliot-Faust et Miller donne la définition suivante d'une stratégie : « *Une stratégie se compose d'opérations cognitives au sein de processus continus qui sont la conséquence naturel de la réalisation de la tâche, allant d'une seule opération à une séquence d'opérations interdépendantes. Les stratégies visent la réalisation de buts cognitifs (e.g., comprendre, mémoriser) et sont des activités potentiellement conscientes et contrôlables.* » (1985, p.4, notre traduction). Nous nous centrerons sur les stratégies permettant aux étudiants d'accéder à une bonne compréhension des informations qui leur sont présentées. Nous développerons alors les différents types de stratégies d'apprentissage pouvant être favorisées et/ou mises en place par les étudiants au cours de leur apprentissage, notamment les stratégies cognitives et métacognitives.

1. La compréhension de textes

Afin d'apprendre à partir d'un document pédagogique, l'apprenant va devoir traiter différentes sources d'informations et élaborer des représentations mentales de ce qu'il va traiter en mémoire. Cette première partie vise à décrire certains des grands modèles de l'apprentissage utilisés en psychologie de l'éducation permettant d'expliquer comment l'individu apprend des informations et, par conséquent, élabore une représentation mentale des informations qui lui sont présentées. En outre, l'objectif de cette partie est de présenter les processus cognitifs impliqués dans le traitement des informations lors de situations d'apprentissage à partir de documents pédagogiques.

1.1. Le modèle construction-intégration de van Dijk et Kintsch

Un des plus grands modèles de la compréhension de textes est le modèle élaboré par Kintsch et van Dijk (1978, van Dijk & Kintsch, 1983 ; Kintsch, 1988, 1998 ; Kintsch & Rawson, 2005). Ce modèle décrit comment l'individu traite les éléments d'un texte afin d'élaborer une représentation mentale cohérente de son contenu. Ce modèle, dans sa première version, se décompose en deux parties : 1) la représentation de surface du texte ainsi que 2) la base de texte.

- La **représentation de surface du texte** correspond à une représentation linguistique littérale où les mots du texte ainsi que la syntaxe utilisée dans le texte sont stockés en mémoire. Les informations contenues au sein de cette représentation s'oublie rapidement.
- La **base de texte** correspond à une représentation sémantique du texte. Il s'agit donc du stockage du sens de la phrase et du texte dans sa globalité en mémoire à long terme. Les auteurs s'appuient sur une conception propositionnelle de la compréhension de l'information contenue au sein du texte. Les éléments présentés vont être représentés en mémoire sous la forme de propositions, c'est-à-dire, d'unités sémantiques de base, l'objectif étant de représenter l'information indépendamment de la syntaxe utilisée

dans les phrases. Deux niveaux constituent la base de texte du document représentée sous la forme d'un réseau de propositions : 1) la microstructure ainsi que 2) la macrostructure.

- la **microstructure** des informations correspond aux idées hiérarchisées de propositions du texte au niveau local, c'est-à-dire au niveau de la phrase ;
- la **macrostructure** correspond, quant à elle, aux idées hiérarchisées du texte au niveau du texte et du paragraphe soit au niveau global. La macrostructure est donc constituée de macropropositions. Ces macropropositions peuvent être établies par le lecteur via l'utilisation de certaines règles : la suppression d'informations inutiles du texte (éléments non pertinents, détails, etc.), la généralisation de plusieurs micropropositions (détails du texte) en une seule macroproposition ainsi que la création de macropropositions à partir de plusieurs micropropositions (van Dijk, 1980). Ces différents processus constituent une économie cognitive pour le lecteur dans la mesure où cela diminue le nombre d'informations à retenir en mémoire et à apprendre.

Finalement, la base de texte s'apparente alors à un réseau de propositions hiérarchisées. Une évolution du modèle a été réalisée par van Dijk et Kintsch en 1983 via l'ajout d'un nouvel élément : le **modèle de situation**. Le modèle de situation renvoie à la combinaison des informations contenues dans le texte (représentation du contenu du texte, base de texte) avec les connaissances préalables du lecteur. Le modèle de situation va alors permettre au lecteur de réaliser des inférences, c'est-à-dire de créer une nouvelle connaissance en mettant en lien plusieurs informations.

Ce modèle a été retravaillé et amélioré par Kintsch (1988, 1998) au fil des années pour devenir désormais le **modèle construction-intégration** de l'information. Ici, le processus de compréhension se divise en deux étapes. Une première étape de construction où l'apprenant va construire des connaissances à partir des informations du texte qui lui sont fournies et activer toutes les connaissances qu'il possède en mémoire étant en lien avec les concepts présentés

(diffusion de l'activation au sein du réseau de propositions). La seconde étape est l'étape d'intégration correspondant à l'inhibition des informations non pertinentes ainsi qu'à l'intégration des informations pertinentes en vue de la génération d'un modèle mental de qualité.

Finalement, ce modèle souligne l'importance de la sélection des informations importantes du texte dans la mesure où le lecteur devra hiérarchiser ces éléments en mémoire. Il devra ensuite organiser ces informations entre elles en vue d'établir des macropropositions. Le réseau de connaissances ainsi élaboré pourra par la suite être intégré avec les connaissances préalables du lecteur ce qui lui permettra d'accéder à une bonne compréhension du texte (processus d'intégration).

1.2. La théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer

Un des modèles de l'apprentissage multimédia les plus influents et les plus utilisés dans le champ de la psychologie de l'éducation est le modèle de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia proposé par Richard Mayer en 2001 (CTML). Ce modèle illustre les différentes étapes de traitement de l'information permettant d'apprendre à partir d'un document multimédia composé à la fois de textes et d'illustrations (Mayer, 2001, 2005, 2009, 2014a, voir Figure 1). Ainsi, la théorie de l'apprentissage multimédia de Mayer illustre comment, à partir d'un document pédagogique, un apprenant va élaborer un modèle mental cohérent des informations qui lui sont présentées et ainsi accéder à un bon niveau de compréhension des informations.

Le modèle de Mayer repose sur trois hypothèses différentes du système cognitif humain :

Premièrement, l'apprenant possède **deux canaux de traitements séparés** pour traiter les informations, chacun de ces canaux étant spécifique à certains types d'informations. Un premier canal auditif/verbal est spécifique au traitement des mots et des sons tandis que le second canal, visuel/imagé, est spécifique au traitement des illustrations. La première hypothèse de ce modèle s'appuie sur la théorie du double codage ainsi que sur la distinction opérée entre le système de représentation

verbale et non verbale de Paivio (1986, 1991 ; Clark & Paivio, 1991). Elle renvoie également aux deux sous-systèmes esclaves de la mémoire de travail décrits par Baddeley, à savoir la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial (1992).

Deuxièmement, **la quantité d'information pouvant être traitée dans chacun de ces deux canaux est limitée**. Cela signifie que les ressources cognitives dont dispose un individu et pouvant être allouées au traitement des informations présentées dans un environnement d'apprentissage sont limitées (Sweller & Chandler, 1994). Cette seconde hypothèse est fondamentale pour l'apprentissage dans la mesure où elle souligne la nécessité d'une bonne gestion des ressources cognitives limitées de l'apprenant. En d'autres termes, les demandes cognitives requises par la tâche d'apprentissage ne doivent pas être trop importantes afin de ne pas excéder les capacités cognitives limitées de la mémoire de travail où sont réalisés les traitements de l'information. Mayer (2014a, voir aussi, Mayer & Moreno, 2003) rapporte l'existence de trois différents types de demandes cognitives pouvant être engendrées lors du traitement d'un document multimédia. Ces demandes sont liées à trois types de processus :

1) les **processus centraux**, essentiels à l'apprentissage. Ces processus correspondent aux traitements cognitifs réalisés pour représenter les informations essentielles en mémoire et élaborer une représentation mentale du matériel présenté. Ils sont liés à la complexité même du document et renvoient à la sélection des informations pertinentes. Si le document est trop complexe alors l'apprenant ne sera pas en mesure de traiter correctement les informations présentées ce qui diminuera la quantité de ressources cognitives disponible pouvant être allouée au traitement profond des informations du document ;

2) les **processus de génération** provenant de la motivation à apprendre et faisant donc référence aux efforts de l'apprenant mis en place pour donner du sens au matériel d'apprentissage (processus d'organisation et d'intégration de l'information). Afin d'accéder à un apprentissage de qualité, il est nécessaire que l'apprenant s'engage dans ce type de processus ;

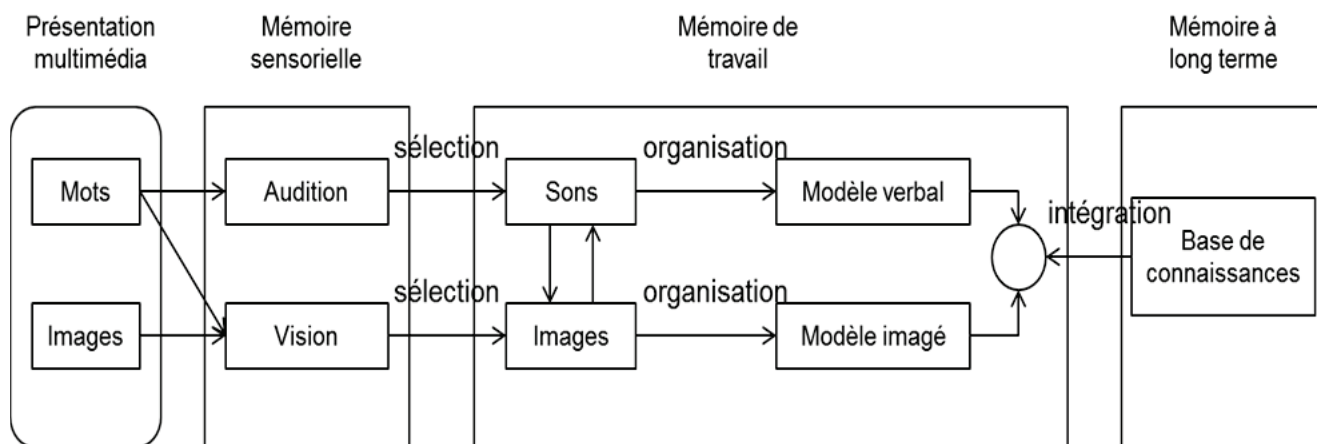


Figure 1. Modèle de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer (2014, notre traduction, p.52).

3) les **processus incidents** provoqués par un mauvais design du matériel pédagogique ou bien par les demandes de la tâche d'apprentissage, susceptibles d'empêcher une bonne compréhension des informations présentées (e.g., présentation d'illustrations non pertinentes, mauvais agencement des informations au sein du document pédagogique, etc.). Ces derniers processus consomment inutilement les ressources cognitives de l'apprenant, laissant alors moins de ressources cognitives pour le traitement profond des informations. Ceux-ci doivent donc être minimisés au maximum voire annulés afin de favoriser un apprentissage de qualité.

Ces trois types de demandes cognitives sont proches des différents types de charges cognitives décrites par Sweller et ses collaborateurs au sein du modèle de la charge cognitive, à savoir la charge cognitive intrinsèque, la charge cognitive utile ainsi que la charge cognitive extrinsèque (Chandler & Sweller, 1991 ; Leahy & Sweller, 2011 ; Paas, Renkl, & Sweller 2003 ; Sweller, 1994, 2010 ; Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011; Sweller, van Merriënboer, & Paas 1998).

Troisièmement, **l'apprenant doit s'engager activement dans des processus de génération** afin d'élaborer un modèle mental cohérent des informations qui lui sont présentées. Cette troisième hypothèse renvoie au processus de traitement actif de l'information devant être mis en œuvre par l'apprenant. En effet, selon Mayer, les apprenants doivent s'engager activement dans trois processus cognitifs afin d'avoir une bonne compréhension des informations présentées : la sélection des informations pertinentes du document (mots et informations illustrées),

l'organisation de ces informations sous la forme d'un modèle mental cohérent en mémoire de travail (modèle verbal et imagé) puis l'intégration des informations organisées avec les connaissances préalables de l'individu activées en mémoire à long terme (construction de liens référentiels entre les différents éléments, élaboration d'un modèle mental intégré indépendant des formats de présentation de l'information). Cette dernière hypothèse renvoie aux travaux sur l'apprentissage par génération conduits par Merlin Wittrock (1989). Les travaux de Wittrock seront décrits plus précisément dans le Chapitre 3 de la partie théorique de cette thèse.

Mayer (2014a) souligne le fait que les processus de sélection, d'organisation et d'intégration ne sont pas mis en place de façon linéaire, l'étudiant peut donc passer de l'organisation d'informations verbales à la sélection de nouvelles informations. Ainsi, selon ce modèle, l'apprenant devrait réaliser des connections entre les représentations visuelles et imagées afin d'élaborer un modèle mental intégré mêlant les représentations mentales des informations présentées aux connaissances préalables de l'étudiant.

Une amélioration du modèle de Mayer a été réalisée par Moreno (Moreno, 2006 ; Moreno & Mayer, 2007, voir Figure 2) en vue de décrire plus largement l'apprentissage des étudiants notamment dans des environnements multimédias interactifs. Dans cette amélioration du modèle apparaît la métacognition, la motivation ainsi que les affects en tant que régulateurs des processus centraux et des processus de génération de l'apprentissage (sélection, organisation et intégration). Le modèle affectivo-cognitif de l'apprentissage de Moreno souligne l'importance de la motivation des étudiants ainsi que de leur engagement dans des processus d'autorégulation pour un apprentissage de qualité (Moreno, 2009). La motivation, définie comme étant « *l'état interne qui initie, maintient et stimule les efforts de l'apprenant à s'engager dans des processus d'apprentissage* » (Mayer, 2014b, p.171, notre traduction), est considérée par Mayer comme étant responsable de l'engagement des étudiants dans l'activité d'apprentissage ainsi que dans la mise en place des processus de génération des connaissances (organisation et intégration des informations) permettant de donner du sens au matériel présenté.

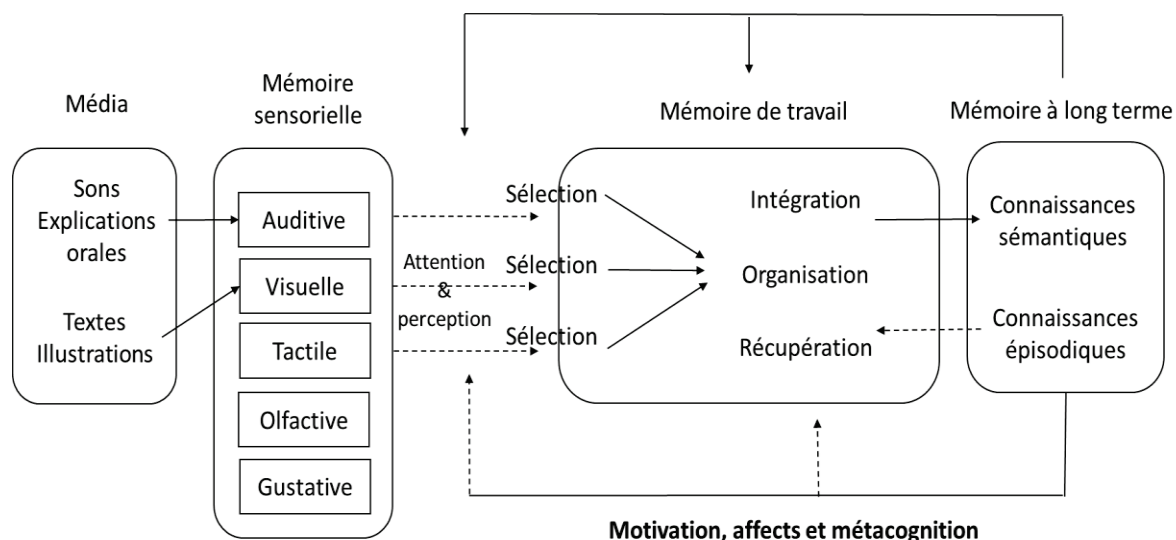


Figure 2. Modèle de la théorie affectivo-cognitive de l'apprentissage multimédia de Moreno (2006 ; Moreno & Mayer, 2007).

Aussi, selon le modèle de la théorie affectivo-cognitive de l'apprentissage multimédia de Moreno, l'engagement de l'étudiant dans des processus d'autorégulation lui permettrait d'améliorer son apprentissage en agissant sur les processus de génération de l'information. Suite à ces modèles de l'apprentissage multimédia, Mayer et ses collaborateurs ont établi de nombreux principes multimédia à partir de la réalisation de plusieurs séries d'expériences. Chacun de ces principes vise à diminuer les processus incidents et à augmenter les processus centraux (e.g., principe de modalité, principe de contiguïté spatiale et temporelle, etc., voir Moreno & Mayer, 1999 ; Mayer, 2017 ; Mayer & Moreno, 2003).

Les trois processus cognitifs essentiels à un apprentissage de qualité issus du modèle CTML de Mayer (2014a, sélection-organisation-intégration) font l'objet du modèle Sélection-Organisation-Intégration de l'apprentissage par génération de Fiorella et Mayer (2015, 2016 ; Mayer, 1984, 1989, 1992, 1996). D'après Fiorella et Mayer (2016), les performances d'apprentissage des apprenants dépendraient de leur engagement et de leur utilisation de ces trois processus (Fiorella & Mayer, 2016). Il est donc important de favoriser l'utilisation de ces processus cognitifs par les apprenants. Cela peut être réalisé via l'utilisation de certaines consignes amenant les apprenants à mettre en place des stratégies d'apprentissage spécifiques soutenant la construction d'un modèle mental cohérent.

1.3. La méthode SOAR de Kiewra (Sélection-Organisation-Association-Régulation)

Les différents processus cognitifs décrits dans le modèle de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer (2001, 2009, 2014a) ainsi que dans le modèle Sélection-Organisation-Intégration de l'apprentissage par génération de Fiorella et Mayer (2015, 2016) se retrouvent dans la méthode de Kiewra (2005, 2009) portant sur les stratégies d'apprentissage. Au-delà du modèle théorique, Kiewra a proposé une méthode destinée aux apprenants ayant pour objectif de les guider dans leur apprentissage via la mise en place de différentes étapes. La méthode d'apprentissage SOAR¹ se décompose en 4 sous-composantes, respectivement la Sélection, l'Organisation, l'Association et la Régulation. On retrouve donc ici les trois processus cognitifs décrits dans le modèle SOI de Fiorella et Mayer (2015, 2016) à savoir la sélection, l'organisation et l'intégration (ce dernier étant appelé « association » dans la méthode SOAR).

Dans cette méthode pour un apprentissage efficace SOAR, l'apprenant doit tout d'abord sélectionner les informations importantes qui lui sont présentées lors d'un cours ou bien lors du visionnement d'un document pédagogique. Celui-ci doit ensuite organiser les informations sélectionnées sous un nouveau format permettant la mise en relation des différentes informations. Pour ce faire, l'étudiant peut avoir recours à la création de plusieurs formats de présentation de l'information : graphiques organisateurs (matrices, chaînes causales...) dessins, etc. L'organisation des informations a pour objectif de permettre et de faciliter la réalisation d'associations entre les éléments représentés. Le nouveau format de présentation permettra, en outre, d'avoir une vue d'ensemble des informations et de favoriser un apprentissage global plutôt que par unités d'informations isolées (Kiewra, 2012). Ainsi, l'étape « association » a pour objet l'extraction de nouvelles informations à partir du matériel présenté. Les associations peuvent être internes (i.e., mise en

¹ L'acronyme SOAR utilisé pour cette méthode est souvent associée au succès dans les articles de Kenneth Kiewra « *SOAR to success* », ce qui signifie en anglais « s'envoler / s'élever vers le succès ».

relation des informations présentées entre elles) ou bien externes (i.e., mise en relation des informations présentées avec les connaissances préalables de l'individu). En effet, en comparant les informations ainsi qu'en analysant le nouveau format élaboré, l'apprenant pourra générer de nouvelles informations non présentées dans le texte, c'est-à-dire inférer de nouvelles informations. Enfin l'apprenant va pouvoir réguler son apprentissage en surveillant et vérifiant son niveau de compréhension du document. L'apprenant peut, par exemple, se poser des questions afin de tester sa mémorisation ainsi que sa compréhension des informations qui lui ont été présentées. Si sa compréhension n'est pas suffisante, l'apprenant pourra alors décider de revoir les informations jusqu'à ce qu'il considère son objectif d'apprentissage atteint.

Kiewra (2005, 2009) a identifié plusieurs processus cognitifs associés à chaque activité de la méthode SOAR. Tout comme dans le modèle de Mayer (2014a), la sélection est associée à l'attention de l'apprenant. Celui-ci devra allouer des ressources attentionnelles afin de traiter et de sélectionner les informations pertinentes. L'organisation est quant à elle liée au processus de stockage de l'information. L'association est liée au processus d'encodage dans la mesure où la mise en lien des informations va permettre d'enrichir et de développer la trace mnésique créée en mémoire (voir Mayer, 1996). Enfin, Kiewra associe la régulation aux processus métacognitifs ainsi qu'aux processus de récupération puisque l'apprenant va évaluer sa compréhension à partir des informations enregistrées en mémoire qu'il parvient à récupérer.

Les différentes composantes de la méthode SOAR ont été décrites dans un article de Jairam et Kiewra en 2010. Dans cet article, les auteurs font également état des différents processus impliqués dans l'apprentissage ainsi que des erreurs réalisées par les étudiants (voir Tableau 1). Ils indiquent également comment la méthode SOAR peut permettre aux étudiants d'accéder à un meilleur apprentissage via la mise en place de certaines stratégies d'apprentissage efficaces. Ce sont ces stratégies qui seront développées dans le point suivant.

Tableau 1. Modèle du SOAR : composantes du SOAR, processus cognitifs, stratégies efficaces et inefficaces du SOAR (d'après Jairam & Kiewra, 2009, p.608 ; 2010, p.602, notre traduction).

Activités SOAR	Processus cognitif	Stratégies inefficaces	Stratégies efficaces
Sélection	Attention	Prise de notes incomplète	Prise de notes complète
Organisation	Stockage	Construction de notes linéaires	Construction de graphiques organisateurs organisant les idées
Association	Encodage	Apprentissage fragmenté (unité d'information par unité d'information)	Elaborations d'associations entre les idées, mise en relation des informations
Régulation	Récupération Métacognition	Stratégies redondantes	Autorégulation (résumé des informations, auto-génération de questions d'entraînement)

2. Les stratégies d'apprentissage

Les modèles décrits dans la partie précédente décrivent tous l'apprentissage des étudiants à partir d'un document multimédia et soulignent unanimement l'importance de l'engagement de l'étudiant dans différentes stratégies d'apprentissage. Cette seconde partie vise à décrire plus précisément différents types de stratégies d'apprentissage pouvant être utilisées par les étudiants lors du traitement d'un document pédagogique.

2.1. Classification des stratégies d'apprentissage

Pour rappel, Pressley, Forrest-Pressley, Elliot-Faust et Miller nous offrent la définition suivante de stratégie : « Une stratégie se compose d'opérations cognitives au sein de processus continus qui sont la conséquence naturel de la réalisation de la tâche, allant d'une seule opération à une séquence d'opérations interdépendantes. Les stratégies visent la réalisation de buts cognitifs (e.g., comprendre, mémoriser) et

sont des activités potentiellement conscientes et contrôlables. » (1985, p.4, notre traduction). D'après Weinstein, Krause, Stano et Acee, les stratégies d'apprentissage correspondent à des

« plans pour orchestrer les ressources cognitives et motivationnelles [de l'apprenant] afin d'atteindre un objectif d'apprentissage », « elles sont conçues pour aider l'apprenant à créer du sens et à stocker de nouvelles informations en mémoire de façon à faciliter leur intégration avec des connaissances qui leur sont associées et à augmenter la probabilité de leur rappel et utilisation ultérieure, en particulier dans des contextes de transfert de connaissances » (2015, p.712, notre traduction).

Ainsi, les stratégies d'apprentissage sont des activités cognitives réalisées afin d'atteindre un objectif d'apprentissage donné. De ce fait, en accord avec les modèles précédemment présentés dans la première partie de ce chapitre théorique, on distingue deux grands types de stratégies d'apprentissage : les stratégies cognitives ainsi que les stratégies métacognitives.

2.2. Les stratégies cognitives

Les stratégies cognitives sont des *« stratégies visant à augmenter la compréhension et la mémorisation de certaines informations ; elles donnent plus de sens au matériel pour les apprenants »* (Boer, Donker, Kostons, & van der Werf, 2018, p.99, notre traduction). On distingue généralement trois grands types de stratégies cognitives allant du plus simple au plus complexe : 1) les stratégies de répétition, 2) les stratégies d'organisation ainsi que 3) les stratégies d'élaboration (Amadiou & Tricot, 2015 ; Boer, Donker, Kostons, & van der Werf, 2018 ; Weinstein & Mayer, 1983 ; Weinstein, Krause, Stano, & Acee, 2015).

2.2.1. Les stratégies de répétition

Ces stratégies sont à la fois les plus simples à mettre en œuvre mais également les moins efficaces. En effet, elles consistent seulement à répéter plusieurs fois une information afin de la mémoriser (subvocalisation de l'information)

ou encore à recopier une information. Aussi, cette stratégie peut parfois être une stratégie dite « passive » dans la mesure où l'individu est susceptible de répéter l'information mentalement sans s'investir activement dans des processus cognitifs permettant la compréhension de celle-ci (autorépétition dans la boucle phonologique de la mémoire de travail) (Weinstein, Acee, & Jung, 2011).

Le fait de recopier mot pour mot une information, de relire un texte ou encore de surligner des informations dans un texte sont également des activités considérées par Weinstein et Mayer (1983) comme étant des stratégies de répétition. Ainsi, ces stratégies sont généralement des stratégies ne permettant seulement qu'un apprentissage de surface, c'est-à-dire la simple mémorisation d'unités d'informations. Si ces stratégies peuvent s'avérer efficaces dans certaines situations, celles-ci s'avèrent limitées dans la mesure où elles ne permettent pas de retenir une quantité importante d'information délivrée au sein d'un cours ou d'un document pédagogique. Décrites comme étant des stratégies de surface, ces stratégies ne permettent pas un apprentissage profond des informations.

2.2.2. Les stratégies d'organisation

Les stratégies d'organisation sont des stratégies de plus haut niveau où l'apprenant va transformer les informations qui lui sont présentées dans un format qui va donner davantage de sens au matériel (Fiorella & Mayer, 2016 ; Weinstein, Krause, Stano, & Acee, 2015). En effet, l'utilisation de ce type de stratégies nécessite que l'apprenant organise les informations présentées dans un autre format tel qu'un plan, une carte conceptuelle, un diagramme de Venn ou encore un graphique organisateur (structure hiérarchique, matrices, flow-charts, etc.). Les stratégies d'organisation consistent alors à organiser et à structurer l'information présentée (Amadiou & Tricot, 2015). Contrairement aux stratégies de répétition, ces stratégies nécessitent que l'apprenant soit forcément actif dans le processus d'organisation de l'information, lequel requiert un traitement plus profond des informations (Weinstein, Acee, & Jung, 2011).

À ce titre, le *mapping*, que nous considérons ici comme la représentation graphique d'un texte, est vu comme étant une stratégie d'organisation favorisant la mise en place des processus centraux ainsi que les processus de génération (cf

modèle de Mayer, 2014a). En effet, le *mapping* nécessite que les apprenants transforment le texte sous la forme d'un agencement spatial contenant les éléments pertinents du texte sélectionnés par l'apprenant ainsi que les relations qu'ils entretiennent entre eux (Fiorella & Mayer, 2016). De ce fait, la réalisation de graphiques organisateurs par les apprenants, correspondant à une représentation spatiale des informations essentielles du document et de leurs relations hiérarchiques (Robinson & Kiewra, 1995), devrait permettre de faciliter les processus de sélection et d'organisation de l'information dans la mesure où les graphiques contiennent seulement les informations essentielles d'un document pédagogique. En outre, ces graphiques mettent en saillance, et ce de façon explicite, la structure du texte ainsi que les liens entretenus entre les différents concepts. Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous nous intéresserons plus spécifiquement à ce type de stratégies cognitives et notamment à la génération de graphiques organisateurs spécifiques (plans, structure hiérarchique). Les effets de ces types d'aides visuelles organisant les informations d'un document pédagogique sur l'apprentissage des étudiants seront détaillées dans le chapitre suivant.

2.2.3. Les stratégies d'élaboration

Les stratégies d'élaboration peuvent être considérées comme les stratégies cognitives d'apprentissage les plus complexes, c'est-à-dire les stratégies de plus haut niveau, dans la mesure où elles consistent à ce que l'apprenant élabore de nouvelles connaissances à partir des informations qu'il est en train d'apprendre et des connaissances préalables qu'il possède en mémoire à long terme (Weinstein, Acee, Jung, Krause, Dacy, & Leach, 2012). Les stratégies d'élaboration renvoient à plusieurs activités différentes : créer des analogies entre les informations présentées, poser des questions sur le matériel et y répondre (*self-generated questions*), enseigner le matériel à une autre personne, mener une réflexion critique et analytique d'un document, réaliser des comparaisons, etc. (e.g., Amadiou & Tricot, 2015 ; Simsek & Balaban, 2010 ; Weinstein & Mayer, 1983). En ayant recours à ce type de stratégies, l'étudiant va réaliser des analogies entre les informations et donc inférer de nouvelles connaissances et ainsi améliorer la qualité de ses représentations mentales.

Les stratégies d'élaboration nécessitent que l'étudiant traite profondément et avec beaucoup d'attention les informations d'un document pédagogique. Cela nécessite, en outre, que l'étudiant investisse beaucoup de ressources cognitives et beaucoup d'efforts dans son activité d'apprentissage. Ces stratégies sont liées aux processus d'intégration décrits dans le modèle CTML de Mayer (2014a) ainsi qu'aux processus d'association décrits dans la méthode SOAR de Kiewra (2005).

Les stratégies d'élaboration, tout comme les stratégies d'organisation, permettent à l'étudiant d'accéder à un apprentissage de bonne qualité à la fois grâce aux processus mis en jeu dans les activités réalisées mais également grâce aux produits créés par l'étudiant via la réalisation de ces activités (Weinstein, Krause, Stano, & Acee, 2015). À titre d'exemple, lorsqu'un étudiant construit un graphique organisateur, celui-ci s'engage dans des processus (i.e., sélection et organisation des informations) et génère un produit (i.e., graphique organisateur). L'implication dans ces processus et le produit créé pourront alors conjointement contribuer à faciliter l'apprentissage (Weinstein et al., 2015).

2.3. Les stratégies métacognitives

La métacognition est définie par Flavell (1979) comme étant la cognition sur la cognition c'est-à-dire la connaissance et la conscience de ses propres pensées et de ses propres processus de pensées. En d'autres termes, la métacognition correspond à l'introspection de l'individu sur ses propres réflexions et comportements. Tarricone (2011) divise la métacognition en deux sous-parties : tout d'abord les connaissances métacognitives que l'individu a face à ses actions ainsi que les compétences et expériences métacognitives. Cette dernière catégorie se divise également en deux sous-parties : la régulation métacognitive (planification, surveillance, évaluation, contrôle) ainsi que les expériences métacognitives (sentiments, jugements).

Les stratégies métacognitives renvoient aux régulations métacognitives que les apprenants vont pouvoir utiliser au cours de leurs apprentissages. On parle alors d'apprentissage autorégulé, défini par Scheiter comme étant un « *apprentissage où l'apprenant fixe des objectifs, surveille sa progression vers ses objectifs et planifie et régule les aspects motivationnels, volontaires, cognitifs et comportementaux de son apprentissage* » (2014, p. 507, notre traduction). De ce fait, les stratégies

métacognitives impliquent que l'individu surveille et contrôle son apprentissage (e.g., Boer et al., 2018 ; Zimmerman, 2002). Plus l'apprenant s'engage dans ces stratégies, plus ses performances s'améliorent (e.g., Lehmann, Hähnlein, & Ifenthaler, 2014 ; Pintrich, 1999). Ces stratégies reposent alors sur les stratégies cognitives que l'individu utilise. Elles sont donc considérées comme étant des stratégies de plus haut niveau. Par exemple, lorsque l'individu réalise une activité avec un objectif tel qu'apprendre les informations présentées dans le document en vue de répondre à un questionnaire d'apprentissage, celui-ci va pouvoir planifier les actions qu'il va mettre en place pour réaliser cette tâche. Il pourra ensuite surveiller son activité en se posant plusieurs questions, c'est-à-dire en auto-évaluant son processus d'apprentissage (*est-ce que je comprends bien les informations présentées ? Est-ce que je serais capable de restaurer ces informations lors du test ?...*). En fonction de ces auto-évaluations, l'apprenant pourra alors modifier ou non ses comportements en vue de mieux répondre aux objectifs de la tâche. L'apprenant va donc contrôler le fait que ses comportements lui permettent bien d'atteindre les objectifs qu'il s'est fixé.

L'ensemble de ces modèles souligne l'importance de l'extraction des informations essentielles d'un document (i.e., macrostructure) ainsi que de la mise en lien de ces informations entre elles (Kintsch & van Dijk, 1978). La compréhension de texte est une activité complexe pour les apprenants (Garner, 1987) qui doivent souvent traiter une multiplicité de sources d'information (textes, illustrations, etc.) (e.g., Ainsworth, 1999, 2006 ; Jamet, 2008 ; Seufert, 2003). Par conséquent, les apprenants ont besoin d'être guidé dans le traitement efficient des différentes sources d'informations présentées. De plus, les étudiants éprouvent des difficultés à extraire les informations essentielles d'un document. Par exemple, les étudiants prennent en notes seulement un tiers des informations essentielles en moyenne (Austin, Lee, & Carr, 2004; Kiewra, 2015 ; Titsworth, 2004). En outre, les étudiants ont généralement recours à des stratégies de bas niveaux telles que la simple relecture ou recopie des informations (Dunlosky Rawson, Marsh, Nathan, & Willingham., 2013), ce qui ne leur permet pas d'organiser les informations entre elles. En effet, les étudiants ne s'engagent pas spontanément dans des stratégies de haut niveau permettant une bonne compréhension des informations (Sandberg & Barnard, 1997). Ainsi, les étudiants prennent généralement des notes de façon linéaire et ne

s'engagent pas dans des stratégies d'organisation en transformant le matériel présenté dans un autre format permettant de donner plus de sens au matériel et favorisant leurs performances d'apprentissage (voir Luo, 2017, Lonka, Lindblom-Ylänne, & Maury, 1994). Bien que les stratégies spatiales (e.g., graphiques) permettent un apprentissage de meilleure qualité que les stratégies verbales (e.g., plan), les étudiants utilisent majoritairement ces dernières (Fiorella & Mayer, 2017). Cela renvoie au déficit de production selon lequel l'apprenant ne s'engage pas dans des stratégies qu'il est capable d'utiliser, et ce pour différentes raisons (i.e., ne pas connaître la stratégie, ne pas savoir qu'il est possible d'utiliser cette stratégie dans telle situation, ne pas savoir adapter la stratégie à la situation, ne pas être motivé pour utiliser la stratégie) (*production deficiency*, Pressley & Hilden, 2007). Or, il est nécessaire que les apprenants s'engagent dans les stratégies cognitives que sont la sélection (identification des informations essentielles), l'organisation (création de graphiques par exemple) ainsi que l'intégration des informations afin d'élaborer un modèle mental cohérent leur permettant un apprentissage de qualité (McMillan, 2010 ; Fiorella & Mayer, 2016 ; Mayer, 2014a). Des stratégies d'apprentissage efficaces peuvent alors être mises en place afin d'améliorer la mémorisation ainsi que la compréhension des apprenants (e.g., utilisation de graphiques organisateurs).

CHAPITRE 2

Les effets de la présence d'aides visuelles sur l'apprentissage

Ce second chapitre théorique vise à présenter les études portant sur les effets de la mise en saillance de certaines informations sur l'apprentissage des apprenants. Au regard des éléments précédemment évoqués sur les difficultés d'apprentissage rencontrées par les apprenants, il est important de mettre en évidence les informations critiques d'un document pédagogique en vue d'orienter l'attention des apprenants sur ces éléments et de faciliter ainsi leur traitement. Le traitement des informations importantes peut, par exemple, être facilité en ajoutant différents types d'aides visuelles permettant de mettre en évidence ces informations. En effet, en ajoutant un plan ou bien un graphique organisateur composé des informations essentielles du document pédagogique (i.e., macrostructure) ainsi que des liens entretenus entre ces informations, les processus cognitifs de sélection et d'organisation des informations présentées peuvent être grandement facilités (voir modèle Sélection-Organisation et Intégration de Fiorella et Mayer, 2016, Chapitre 1). Faciliter ces processus cognitifs devrait alors avoir pour effet d'améliorer la mémorisation ainsi que la compréhension des informations présentées. En outre, une aide visuelle permettra de libérer des ressources cognitives en constituant une représentation externe des informations ainsi qu'en organisant ces informations (Hegarty, 2011).

Ainsi, nous décrirons plusieurs études s'intéressant aux effets de l'ajout de différentes aides visuelles sur les performances d'apprentissage des étudiants (mémorisation et compréhension). Nous nous intéresserons tout d'abord aux effets d'aides visuelles linéaires (plans, vues d'ensemble) puis aux effets d'aides visuelles spatiales (graphiques organisateurs) sur l'apprentissage. Enfin, un dernier point présentera des études ayant comparé conjointement les effets de ces deux types d'aides visuelles à une condition contrôle (texte seul).

1. La mise en évidence d'informations

Les informations importantes d'un document pédagogique peuvent être mises en saillance de plusieurs manières. En effet, il est possible, par exemple, de mettre en évidence des informations importantes en modifiant leurs caractéristiques physiques afin d'attirer l'attention du lecteur sur celles-ci : changement de couleur, mise en gras, soulignage, etc. Les données de la littérature nous montrent que ces techniques dites de signalisation (*cueing*) s'avèrent efficaces pour capturer l'attention des apprenants mais également pour améliorer la mémorisation ainsi que la compréhension des informations signalées notamment via l'utilisation de zoom dans les animations (e.g., Amadieu, Mariné, & Laimay, 2011), de couleur dans les documents illustrés (e.g., Jamet, 2014 ; Jamet, Gavota, & Quaireau, 2007, Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999 ; Ozcelik, Arslan-Ari, & Cagiltay, 2010 ; Ozcelik, Karakus, Kursun, & Cagiltay, 2009, Tabbers, Martens, & van Merriënboer, 2004), les animations (e.g., Boucheix & Lowe, 2010 ; Boucheix, Lowe, Putri, & Groff, 2013 ; de Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2007, Lowe & Boucheix, 2011), ou encore les cours multimédias (e.g., Craig, Gholson, & Driscoll, 2002), voir Richter, Scheiter, & Eitel, 2016, pour une revue.

Changer la couleur d'une information, la mettre en gras ou la souligner sont des techniques utilisées pour mettre en évidence des éléments spécifiques sans modifier les informations du texte mais son apparence. Des techniques différentes peuvent toutefois être utilisées. En effet, au lieu de modifier physiquement les informations présentes, de nouveaux éléments peuvent être ajoutés au document pédagogique afin d'augmenter la saillance de l'organisation de la structure d'un texte ou encore les relations entre les éléments présentés (titres, plans, graphiques, etc.). Ainsi plusieurs études ont montré que la signalisation via l'utilisation de titres entraîne une meilleure mémorisation du texte comparativement à des versions du même texte ne contenant aucun signaux (e.g., Lorch & Loch, 1995, 1996 ; Lorch, Lorch, & Inman, 1993 ; Surber & Schroeder, 2007; voir aussi Lemarié, Lorch, & Péry-Woodley, 2012).

De la même façon, des aides visuelles telles que des graphiques organisateurs peuvent être ajoutées à un texte afin de mettre en saillance les informations du document considérées comme étant importantes. Stull et Mayer donnent une définition très large des graphiques organisateurs dans leur article de

2007 en les définissant comme étant : « *des arrangements spatiaux de mots, indiquant les relations entretenues entre des concepts et visant à représenter l'organisation conceptuelle d'un texte* » (p.810, notre traduction). Les graphiques organisateurs ont été développés à la suite des recherches d'Ausubel portant sur les « *organiseurs avancés* » (*advance organizer*, 1960, 1968), correspondant à des aides visuelles linéaires présentées au début d'un document afin de guider l'apprenant dans sa lecture (il peut s'agir d'un bref résumé des informations qui vont être présentées voire de connaissances préalables nécessaires à la compréhension des informations). Contrairement aux organisateurs avancés présentés de façon linéaire, les graphiques organisateurs possèdent une dimension spatiale. Ces graphiques peuvent se présenter sous plusieurs formes. D'après la définition de Stull et Mayer (2007), cela regroupe les cartes conceptuelles, les cartes de connaissances, les plans, les hiérarchies, les diagrammes de causes-à-effets, les flow-charts, les matrices, etc. (voir aussi Luo, Peteranetz, Kiewra, & Flanigan, 2017).

Robinson et Kiewra (1995, p.457, voir Figure 3) ont réalisé une matrice permettant d'appréhender davantage les différents types de présentation des informations. Les auteurs distinguent ici un affichage linéaire (i.e., texte ou plan) à un affichage spatial correspondant aux graphiques organisateurs (e.g., matrices, structure hiérarchique).

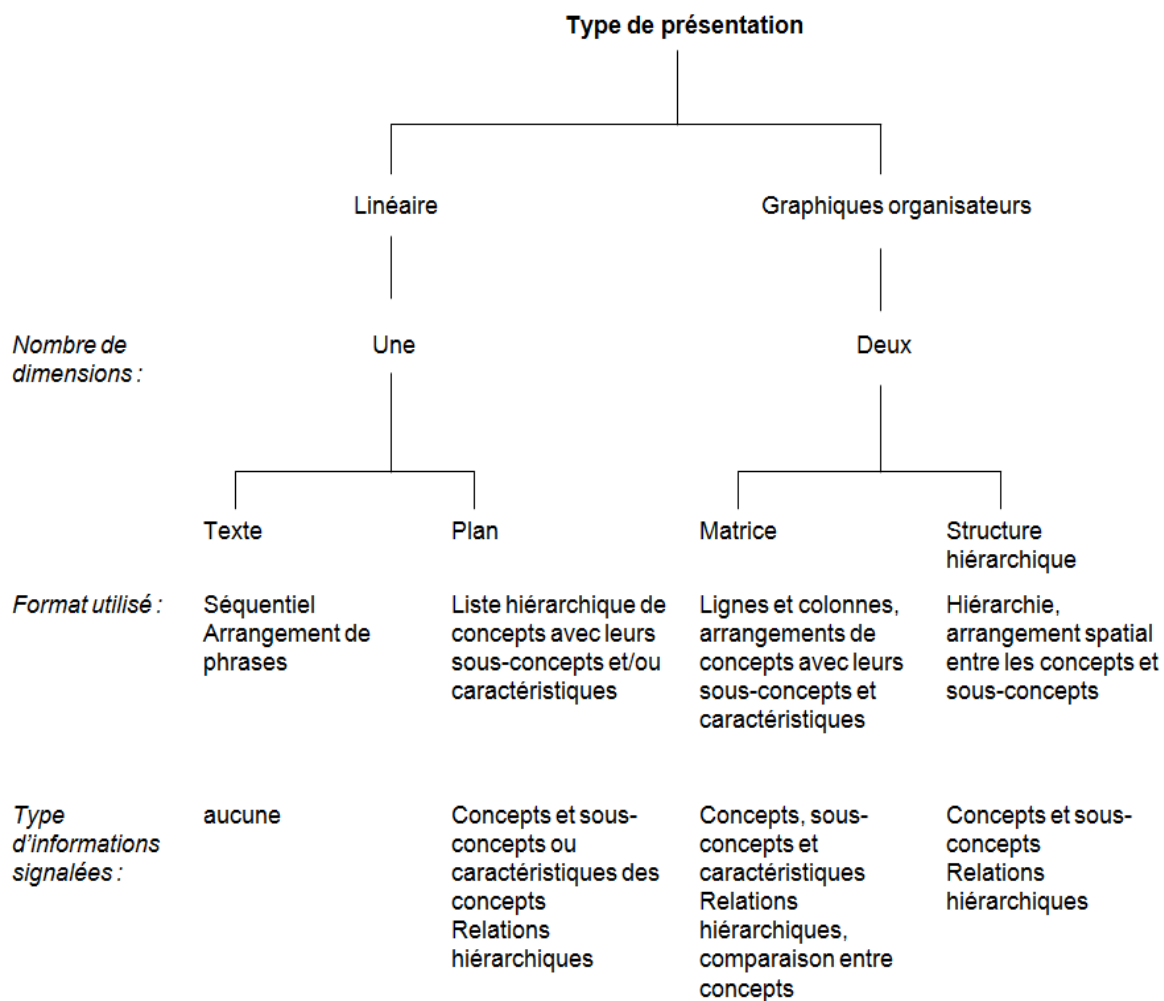


Figure 3. Présentation de différents types de présentation de l'information et caractéristiques de ces formats (Robinson & Kiewra, 1995, p.457).

Cette matrice montre que le format utilisé permet de mettre en saillance différent types d'informations. En effet, tandis qu'une structure hiérarchique correspondant à un arrangement spatial et hiérarchique des concepts et de leurs sous-concepts permet de mettre en saillance les différents concepts, sous-concepts ainsi que leurs relations hiérarchiques (i.e., diagramme en arbre, hiérarchie, organigramme), une matrice organisant l'information en ligne et en colonne permettra de surcroît de mettre en saillance les caractéristiques de chaque concept. De plus, une matrice sera plus à même de faciliter la comparaison des différents concepts entre eux, c'est-à-dire la mise en relation des éléments présentés.

En accord avec cette matrice développée par Robinson et Kiewra (1995), les effets de la présence d'aides visuelles linéaires sur l'apprentissage devraient être différents des effets de la présence d'aides visuelles spatiales. Nous présenterons ici

plusieurs études mettant en saillance les informations d'un document via l'utilisation d'un format linéaire très répandu, à savoir les plans. L'objectif de ces études était d'analyser les effets de la mise en saillance des informations d'un document pédagogique via l'utilisation d'un plan sur les performances d'apprentissage. Nous nous intéresserons également aux études ayant testé les effets de différents types de graphiques organisateurs sur l'apprentissage, interrogeant les effets de la mise en saillance des informations d'un document pédagogique via l'utilisation de graphiques organisateurs sur les performances d'apprentissage des apprenants. Enfin, nous présenterons les résultats de plusieurs études ayant évalué les effets de l'ajout d'une aide visuelle à un document pédagogique et ayant comparé conjointement l'efficacité de plusieurs types d'aides visuelles (format linéaire et spatial).

2. Les effets de l'ajout d'un plan sur les performances d'apprentissage

La plupart des documents pédagogiques contiennent des plans que ce soit des documents écrits (livres scolaires, photocopiés, etc.), des cours en présentiel ou encore des cours en ligne. Ces plans regroupent les titres des différentes sections du document et constituent alors des aides visuelles montrant aux apprenants les différents thèmes allant être étudiés ainsi que leurs relations hiérarchiques. Les signaux textuels tels que les titres sont essentiels pour l'apprentissage puisqu'ils mettent en saillance la structure conceptuelle d'un texte ainsi que son organisation (Glynn & DiVesta, 1977 ; Loman & Mayer, 1983) et dirigent l'attention des apprenants vers les éléments signalés ce qui en retour améliore la mémorisation de ces informations (e.g., Mayer, Dyck, & Cook, 1984). En outre, les signaux textuels dirigent l'attention des apprenants sur la structure du texte et guident leur traitement des relations complexes entretenues entre les concepts (Lemarié, Lorch, Eyrolle, & Virbel, 2008, p. 39; Lorch, Lemarié, & Grant, 2011b). Ainsi, de nombreuses recherches ont démontré les effets bénéfiques des signaux textuels sur les performances d'apprentissage (e.g., Britton, Glynn, Meyer, & Penland, 1982; Cauchard, Eyrolle, Cellier, & Hyönä, 2010; Hyönä & Lorch, 2004; Lorch, Chen, &

Lemarié, 2012; Lorch, Lemarié, & Chen, 2013; Lorch & Lorch, 1995, 1996; Mautone & Mayer, 2001 ; Sanchez, Lorch, & Lorch, 2001).

Les plans sont définis comme étant une liste des principaux concepts et des concepts subordonnés, comprenant les informations les plus importantes du texte et présentant les relations hiérarchiques entretenues entre ces concepts (Bui & McDaniel, 2015 ; Glynn, Britton, & Muth, 1985 ; Robinson & Kiewra, 1995, p.455, notre traduction). Les plans sont donc similaires aux signaux textuels que sont les titres ou encore les résumés. Un plan, regroupant l'ensemble des titres et sous-titres d'un texte, peut être fourni conjointement au texte afin de représenter l'ensemble de la structure thématique de celui-ci. Selon le modèle SARA (*Signal Available Relevant Accessible*, Lemarié, Lorch, Eyrolle, & Virbel, 2008; Lemarié, Lorch, & Péry-Woodley, 2012; Lorch, Lemarié, & Grant, 2011a, 2011b), les plans peuvent avoir différentes fonctions influençant le traitement du texte par les apprenants. Ces fonctions renvoient notamment à l'identification des thèmes du texte ainsi qu'à son organisation puisqu'un plan montre les relations hiérarchiques entretenues les concepts (titres et sous-titres). En effet, on observe souvent le recours à l'indentation (retrait des titres en fonction de leur niveau hiérarchique) et/ou à la numérotation des titres composant les plans. Ces fonctions informatives pourront alors influencer plusieurs processus cognitifs tels que : l'élaboration d'une représentation de la structure thématique d'un document, l'identification et la mémorisation des thèmes présentées, la focalisation sur les thèmes, etc. (voir Lemarié, 2016 pour une synthèse). L'ensemble de ces éléments montrent que l'ajout d'un plan à un document pédagogique pourra favoriser un apprentissage de qualité en agissant comme une aide visuelle mettant en saillance les éléments clés du texte. De plus, lorsqu'un plan est présenté, il n'est plus nécessaire pour les apprenants de retenir les informations essentielles en mémoire de travail dans la mesure où ils peuvent se référer au plan pour les retrouver (e.g., informations regroupées dans l'aide visuelle, faciles à localiser, Vekiri, 2002 ; recherche visuelle efficiente, Larkin & Simon, 1987). Les plans permettraient alors d'améliorer l'apprentissage des apprenants en libérant des ressources cognitives en mémoire (Bui & McDaniel, 2015). Ainsi, de nombreuses études soutiennent les effets bénéfiques de la présence de signaux textuels et de plans sur l'apprentissage.

Dans une étude conduite par Rossi en 1990, cinq groupes étaient comparés. Ceux-ci différaient en fonction de la mise en saillance qui était réalisée sur le texte à apprendre. Les cinq conditions étaient les suivantes : 1) groupe contrôle sans annotations, 2) groupe « macrostructure » où les informations liées à la macrostructure du texte étaient soulignées, 3) groupe « titres en début de texte » où l'ensemble des titres étaient présentés avant le corps du texte tel un sommaire, 4) groupe « titres dans la marge » où les titres étaient présentés dans la marge au fur et à mesure, en face de chaque paragraphe correspondant, 5) groupe « macrostructure et titres dans la marge » correspondant à la mise en saillance utilisée à la fois pour le groupe 2 et 4. Dans cette étude, des enfants de CM2 avaient pour consigne de lire un texte de 237 mots intitulé « *Comment mesurer la distance entre les étoiles* » puis d'écrire un résumé de ce texte et de répondre à un questionnaire de compréhension noté sur 20. Les résultats montrent que les performances des enfants du groupe contrôle (groupe sans annotations) étaient significativement plus faibles que celles des quatre autres groupes pour la tâche de résumé ainsi que pour le questionnaire de compréhension. Cela démontre que chaque type de mise en saillance a été bénéfique en améliorant les performances d'apprentissage des enfants. Toutefois, aucune différence n'a été obtenue entre les différents types de mises en saillance utilisés dans l'étude.

En 1993, Lorch, Lorch et Inman ont conduit deux études afin de tester les effets de différents signaux sur la mémorisation d'un texte. Dans leur première étude, trois variables étaient parallèlement manipulées : la mise en saillance des informations (avec signaux versus sans signaux, voir Figure 4), la longueur du texte (texte long d'environ 3600 mots versus texte court d'environ 2400 mots) ainsi que la complexité de la structure thématique du texte (structure simple versus structure complexe). Il en résultait alors 8 conditions expérimentales au sein desquelles des étudiants inscrits à l'université avaient pour consignes de lire un texte sur les énergies et de l'étudier comme s'ils allaient devoir discuter de son contenu à quelqu'un d'autre. Les résultats obtenus montrent que la présence de signaux (ajout de titres, de plans et de résumés au texte, voir Figure 4) a conduit les étudiants à rappeler plus de thèmes du document. Cet effet était d'autant plus fort lorsque le niveau de complexité de la structure thématique du texte était simple plutôt qu'élevé ainsi que lorsque le texte était court plutôt que long. Conformément aux hypothèses

des auteurs, ces résultats témoignent du fait que l'ajout de signaux permet aux étudiants d'élaborer une bonne représentation mentale de la structure thématique du texte et sont, par conséquent, bénéfiques à l'apprentissage des étudiants.

ENERGY PROBLEMS AND SOLUTIONS

We are faced with severe problems created by our dependence on oil, coal, natural gas and nuclear power. In this article, we will discuss some of the major problems associated with our current methods of energy production, then we will discuss several strategies for solving these problems.

I. Energy Problems

In the first half of this article, we will discuss some of the problems created by our current patterns of energy use, including: (1) the dwindling resources of fossil and nuclear fuels; (2) the environmental damage associated with fossil and nuclear fuels; and (3) health problems associated with fossil and nuclear fuels. We will discuss each of these major topics in turn.

A. Dwindling Fuel Resources

Coal, oil, gas, and radioactive minerals are limited resources and we are already beginning to experience the effects of their decreasing availability. Two of these effects are discussed: (1) increasingly hazardous production methods; and (2) increasing costs of production.

(1) Hazardous Production Methods. Coal, oil, and gas reserves are not as accessible as they once were. The most accessible veins of coal have long since been exhausted and miners must dig ever deeper into the ground to recover coal reserves. The deeper and more extensive tunneling operations mean greater danger to the miners. For similar reasons, drilling for oil and gas has become increasingly dangerous.

The development of nuclear power received a boost from the realization that fossil fuel supplies are limited. However, the safety of our nuclear technology—for both workers in the industry and the general population—is a major concern.

(2) Increasing Costs. The costs of energy based on fossil fuels and nuclear power are rising. In a competitive marketplace, the decreasing availability of coal, oil and natural gas puts the seller in a powerful position. Also, the decreasing accessibility of fossil fuels makes the production of energy more costly.

In the case of nuclear power, costs are escalating because of the need to increase the safety of the technology and because of the need to dispose of radioactive byproducts properly.

ENERGY

We are faced with severe problems created by our dependence on oil, coal, natural gas and nuclear power.

Coal, oil, and gas reserves are not as accessible as they once were. The most accessible veins of coal have long since been exhausted and miners must dig ever deeper into the ground to recover coal reserves. The deeper and more extensive tunneling operations mean greater danger to the miners. For similar reasons, drilling for oil and gas has become increasingly dangerous.

The development of nuclear power received a boost from the realization that fossil fuel supplies are limited. However, the safety of our nuclear technology—for both workers in the industry and the general population—is a major concern.

The costs of energy based on fossil fuels and nuclear power are rising. In a competitive marketplace, the decreasing availability of coal, oil and natural gas puts the seller in a powerful position. Also, the decreasing accessibility of fossil fuels makes the production of energy more costly.

In the case of nuclear power, costs are escalating because of the need to increase the safety of the technology and because of the need to dispose of radioactive byproducts properly.

Figure 4. Texte lu dans la condition « avec signaux, texte court, structure complexe » (à gauche) et texte lu dans la condition « sans signaux, texte court, structure complexe » (à droite) dans l'étude de Lorch, Lorch et Inman (1993, p.289-290).

Dans leur seconde étude, les auteurs ont cherché à savoir si la présence de signaux dans un texte influençait également le rappel de la microstructure du texte (i.e., détails). En effet, la première expérience montre que les étudiants rappellent davantage les informations principales du texte (thèmes, titres) lorsque des signaux sont ajoutés à celui-ci mais ne donne aucune information sur le rappel de détails. Il est alors possible que l'effet positif observé dans leur première étude s'étende au rappel des informations secondaires du texte. Les étudiants pourraient, en effet, utiliser la représentation de la structure thématique du texte afin de guider leur

recherche en mémoire des éléments du texte ce qui les aiderait à rappeler davantage d'informations en facilitant leur accès en mémoire. Les résultats de cette seconde étude montrent qu'en focalisant l'attention des étudiants sur les éléments signalés, l'ajout de signaux a permis aux étudiants de rappeler davantage d'éléments sur les différents thèmes du texte. De plus, le rappel des étudiants était plus organisé autour des thèmes du texte et l'ordre des éléments rappelés suivait davantage l'ordre de la présentation des thèmes au sein du document. En outre, un effet d'interaction était observé : une augmentation du rappel des détails pour les thèmes courts était observée lorsque les signaux étaient présents tandis que cela avait pour effet de diminuer le rappel des détails pour les thèmes longs.

Des résultats similaires ont été obtenus par Surber et Schroeder (2007) lorsque ces derniers ont manipulé la présence de titres dans un document pédagogique. Dans leur étude, des étudiants inscrits à l'université avaient pour consigne de lire un chapitre de 3200 mots portant sur les conséquences physiques du vieillissement en vue de se préparer à un test. Les résultats de l'étude montrent que la présence de titres a permis aux participants de rappeler davantage d'informations principales (i.e., macrostructure) mais cela n'a pas influencé leur rappel des détails (i.e., microstructure), voir Figure 5.

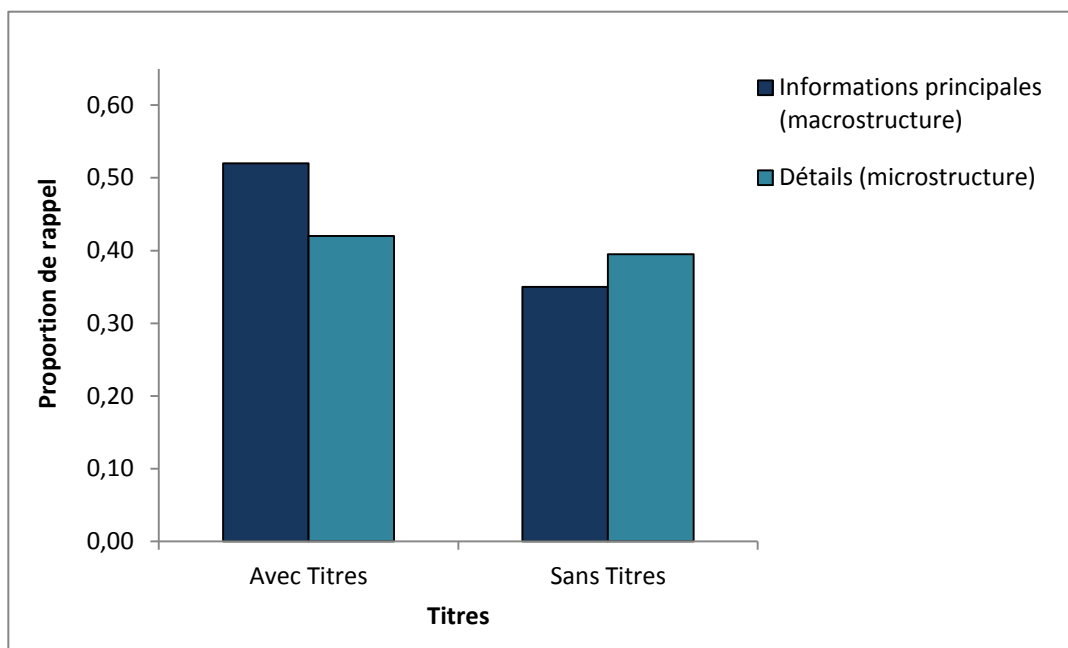


Figure 5. Résultats obtenus dans l'étude de Surber et Schroeder au sein du groupe « avec titres » à gauche et « sans titres » à droite (2007, p.492).

Dans une étude conduite par Peeverly, Vekaria, Reddington, Sumowski, Johnson et Ramsay (2013), des étudiants devaient consulter un cours vidéo de 23 minutes portant sur les recherches et concepts utilisés dans le domaine de la psychologie de résolution de problèmes avec ou sans plan. Dans les deux groupes de l'étude, les étudiants avaient la possibilité de prendre des notes sur trois feuilles de papier. Dans le groupe « sans plan », les étudiants recevaient trois feuilles blanches afin de prendre des notes tandis que dans le groupe « avec plan » les étudiants recevaient le plan du texte sur trois feuilles de papier avec deux titres par feuilles (informations essentielles) ainsi que des sous-titres (4 au total). À la fin de la consultation du cours vidéo, les étudiants révisaient leurs notes pendant 10 minutes puis devaient rédiger un résumé des informations du cours sans avoir la possibilité de se référer à leur prise de note. Les résultats obtenus montrent tout d'abord que les prises de note des étudiants du groupe « avec plan » sont de meilleures qualités que celles des étudiants du groupe « sans plan » (scores sur la qualité de prises de notes de 45,63% pour les étudiants du groupe plan versus 40,81% pour les étudiants du groupe « sans plan »). De plus, les étudiants ayant reçu un plan des informations ont rappelé davantage d'informations du cours dans leur résumé que les étudiants n'ayant pas reçu cette aide (8,70% versus 5,93%).

Plus récemment, Bui et McDaniel (2015) ont étudié l'effet de plusieurs aides visuelles sur l'apprentissage d'un cours audio. Dans leur étude, des étudiants devaient apprendre un cours audio de 12 minutes (1853 mots) portant sur le fonctionnement des freins et des pompes (matériel adapté de Mayer et Gallini, 1990) sans contrôle sur la présentation audio (pas de possibilité de pauses ni de retour en arrière). Les étudiants avaient également pour consigne de prendre des notes pour un test d'apprentissage qui suivrait l'écoute du cours. Les participants de l'étude étaient répartis dans trois conditions expérimentales différentes. Dans la condition contrôle, les étudiants recevaient une feuille blanche afin de prendre leur note pendant le cours. Dans la condition « plan », les étudiants recevaient un plan regroupant les informations essentielles présentées dans le cours ainsi que les liens entre ces informations (titres et sous-titres) afin de prendre leur note. Enfin, dans une troisième condition, nommée condition « illustration », les étudiants recevaient une illustration montrant le fonctionnement des freins et pompes, voir Figure 6.

- I. Brakes
 - a. Role of brake pad/brake shoes:

- II. Three kinds of brakes
 - a. Mechanical brakes
 - 1. Uses:
 - 2. Caliper brakes:
 - 3. Emergency/hand brakes:

 - b. Hydraulic brakes

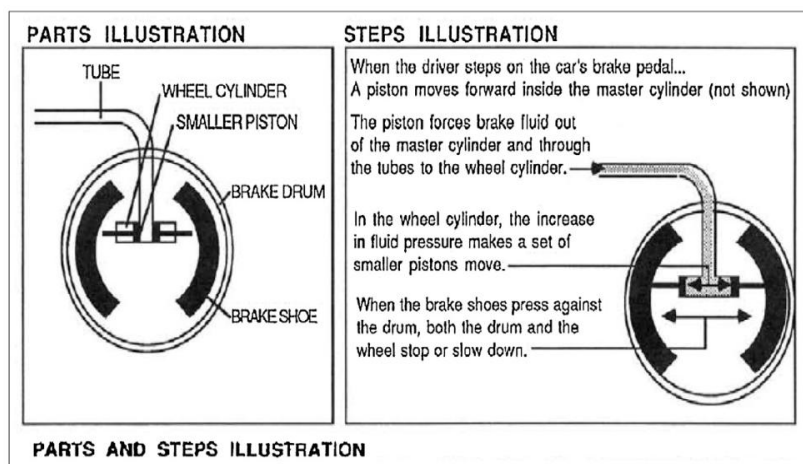


Figure 6. Documents donnés aux étudiants en condition « plan » (à gauche) et « illustration » (à droite) dans l'étude de Bui et McDaniel (2015, p.132).

Les résultats de cette étude indiquent que les étudiants du groupe « plan » ont pris davantage de notes que les étudiants du groupe « contrôle » et du groupe « illustration » (21% versus 17% et 13%). Concernant l'analyse qualitative des notes, les auteurs montrent que les notes des étudiants du groupe « illustration » contenaient plus d'éléments de causes-à-effets que celles des étudiants du groupe « plan » qui elles-mêmes contenaient plus d'éléments de causes-à-effets que celles des étudiants du groupe contrôle (41% versus 32% versus 23%).

Dans la lignée de l'étude de Peverly et al. (2013), cette étude rapporte également des résultats en faveur de la présence d'aides visuelles sur les performances d'apprentissage des étudiants. En effet, les résultats obtenus montrent que les étudiants écoutant le cours avec une aide visuelle (plan ou illustration) obtiennent de meilleures performances à un test de rappel libre des informations que les étudiants du groupe contrôle, rappelant presque deux fois plus d'informations que les étudiants de ce groupe. L'ajout d'aides visuelles était également bénéfique aux performances d'apprentissage des étudiants obtenues à un test de compréhension. Ce test, présenté sous la forme de questions ouvertes, visait à évaluer si les

étudiants avaient élaboré un bon modèle mental du fonctionnement des appareils décrits. Les résultats indiquent que les étudiants du groupe « illustration » ont obtenus des performances significativement plus élevées que celles des étudiants du groupe « plan », lesquels ont également obtenus des performances plus élevées que les étudiants du groupe contrôle. Ainsi, ces résultats démontrent que l'ajout d'un plan permet d'améliorer les performances d'apprentissage des étudiants face à un groupe contrôle ne recevant pas cette aide visuelle tant au niveau de la base de texte qu'au niveau du modèle de situation (voir Van Dijk & Kintsch, 1983, Chapitre 1). Comme le suggèrent Bui et McDaniel (2015, p.130, notre traduction), « *les plans peuvent libérer des ressources cognitives autrement allouées à l'extraction de l'organisation des propositions pour construire un modèle mental plus complet* ».

3. L'ajout de graphiques organisateurs

Comme le montre la matrice de Robinson et Kiewra (1995) décrite précédemment, les graphiques peuvent se présenter sous plusieurs formes : cartes de concepts, cartes de connaissances, hiérarchies, diagrammes de causes-à-effets, flow-charts, matrices, etc. (voir Luo, Peteranetz, Kiewra, & Flanigan, 2017 ; Vekiri, 2002). Plusieurs types de *mapping* sont ainsi distinguer notamment la création de cartes de concepts ainsi que la création de graphique organisateur. Contrairement aux cartes de concepts, les graphiques organisateurs contraignent la génération via la présence d'une structure prédéfinie (e.g., chaîne causale, structure hiérarchique, matrice). Les cartes de concepts, moins contraignantes dans la génération, peuvent grandement s'étendre et regrouper un nombre conséquent d'informations (Novak, 1990, 1995). Les cartes de concepts comprennent également les cartes de connaissances correspondant à un type précis de cartes de concepts où les liens entretenus entre les informations sont limités (Fiorella & Mayer, 2017 ; Nesbit & Adesope, 2006). C'est pourquoi les cartes de concepts ont été utilisées en vue d'organiser les informations et d'améliorer la navigation ainsi que l'apprentissage des apprenants dans des environnements hypertextes, où l'apprenant est confronté à de très nombreuses informations (e.g., Amadiou & Salmerón, 2014 ; Amadiou, Van Gog, Paas, Tricot, & Mariné, 2009). Les études réalisées dans ce champ montrent des

effets bénéfiques sur l'apprentissage de l'utilisation de cartes de concepts (e.g., Chularut & DeBacker, 2004 ; Hall & O'Donnell, 1996 ; O'Donnell, Dansereau, & Hall, 2002 ; Potelle & Rouet, 2003 ; voir Schroeder, Nesbit, Anguilano, & Adesope, 2017, pour une méta-analyse). Par ailleurs, plusieurs études ont montré une supériorité des structures hiérarchiques, s'apparentant davantage à des graphiques organisateurs, comparativement aux structures en réseau plus complexes (e.g., Amadiou, Tricot, & Mariné, 2009, 2010 ; Potelle & Rouet, 2003). Nous nous focaliserons ici sur le *mapping* de graphiques organisateurs dans des environnements multimédias interactifs, plus contraints dans leur construction et par conséquent ayant une structure plus simple pour les apprenants novices.

Tout comme les plans, les graphiques organisateurs peuvent être considérés comme des signaux d'organisation mettant en saillance les éléments clés d'un texte ainsi que les relations entretenues entre ces éléments. En effet, les graphiques organisateurs permettent d'attirer l'attention des étudiants sur les informations principales d'un document pédagogique (i.e., macrostructure) ainsi que sur la manière dont ces informations s'organisent entre elles. Ils correspondent donc à des aides spatiales complémentaires au texte permettant de mettre en évidence les informations importantes (Eiter & Scheiter, 2014).

La présence de ces graphiques conjointement au texte pourrait alors permettre aux étudiants d'adopter une stratégie d'apprentissage dite pertinente face à des étudiants qui ne seraient exposés qu'au texte seul. Ces derniers seraient plus susceptibles d'adopter une stratégie d'apprentissage dite « par cœur » en considérant le texte comme étant une liste de faits indépendants les uns des autres (Loman & Mayer, 1983).

Dans une étude conduite par Guri-Rozenblit (1989), des étudiants inscrits à l'université étudiaient un texte de 3500 mots portant sur les autorités judiciaires (système pour mineurs et système régulier). Les étudiants étaient répartis dans une des quatre conditions suivantes :

- texte seul,
- texte et diagramme séparé (voir Figure 7),
- texte et diagramme séparé avec une référence au diagramme dans le texte (la référence au diagramme était la suivante : « *Comme le montre le diagramme, il y a huit traitements spécifiques pour un délinquant juvénile* », p.240),
- texte élaboré où les informations présentées dans le diagramme des conditions précédentes étaient mises en saillance dans le texte (mise en gras des informations dans le texte, numérotation, ajout de sous-titres, notes dans la marge). Ainsi, les étudiants de cette dernière condition consultaient un texte un peu plus long que celui utilisé dans les trois autres conditions et ne voyaient pas de diagramme. Cependant la différence entre les textes était inférieure à 100 mots.

Suite à la consultation du texte, les étudiants répondaient à un questionnaire composé de 14 questions à choix multiples liées à la mémorisation ainsi qu'à la compréhension des relations entretenues entre les éléments du texte (mises en évidence dans le diagramme utilisé) et de 13 questions à choix multiples liées à des détails du texte et non liées au diagramme. Enfin, les étudiants devaient rédiger un résumé des informations du texte en comparant les systèmes judiciaires présentés (système judiciaire juvénile et régulier).

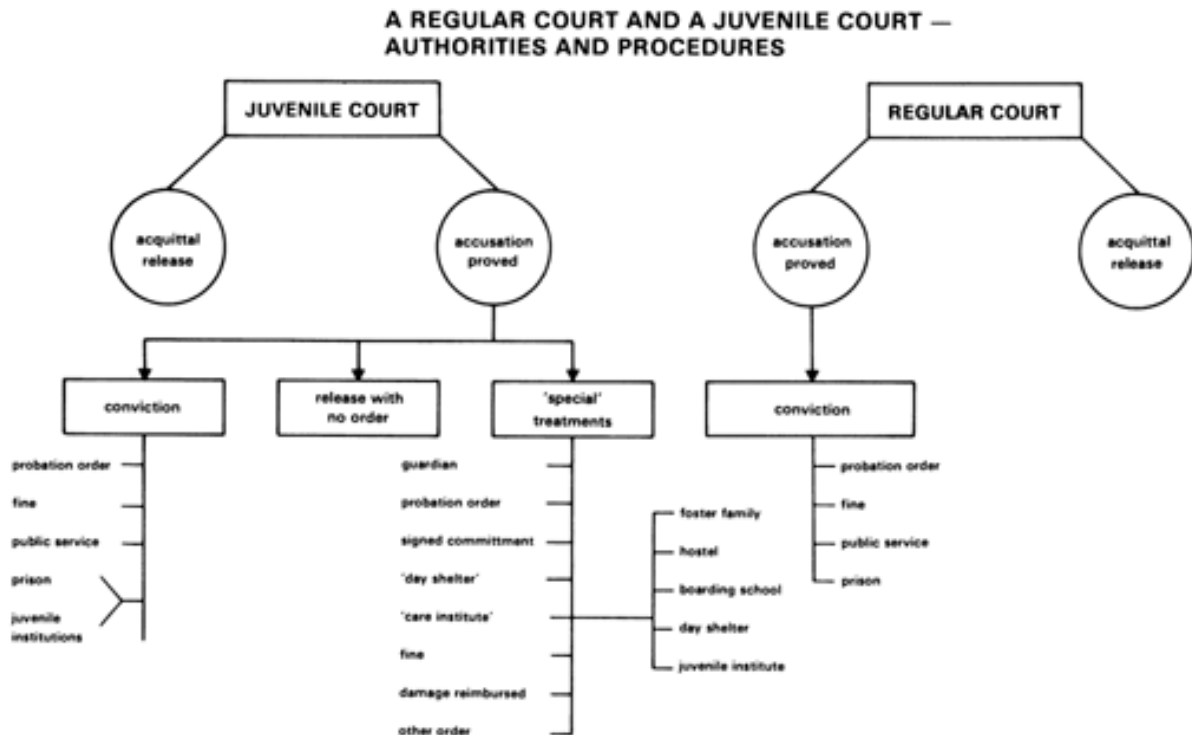


Figure 7. Diagramme utilisé dans l'étude de Guri-Rozenblit (1989, p.241).

Les résultats de l'étude montrent que les étudiants des deux groupes où le diagramme était présenté avec le texte ont obtenu de meilleures performances que les étudiants des deux autres groupes aux questions liées au diagramme (voir Tableau 2). En outre, les étudiants du groupe texte et diagramme avec référence sont ceux qui ont obtenu les meilleures performances d'apprentissage à ces questions, leurs scores étant significativement supérieurs à ceux des trois autres groupes. Enfin, aucune différence n'a été observée entre les étudiants du groupe texte seul versus texte élaboré (voir Tableau 2). Cela montre que la mise en saillance des informations du diagramme dans le texte n'est pas aussi efficace que l'ajout d'un diagramme mettant en exergue la structure du texte. Concernant les questions non liées au diagramme, aucune différence significative entre les performances des étudiants n'a été observée.

Tableau 2. Pourcentages de réponses correctes obtenus dans chacun des groupes de l'étude de Guri-Rozenblit aux questions liées au diagramme et non liées au diagramme (p.243).

	Texte seul	Texte et diagramme	Texte et diagramme et référence	Texte élaboré
Questions liées au diagramme	37.71%	50.36%	58.79%	44.29%
Questions non liées au diagramme	73.85%	67.31%	69.77%	69.08%

Les performances obtenues à l'épreuve de résumé (comparaison des systèmes judiciaires, similarités et différences) vont également dans ce sens. En effet, les étudiants des deux groupes où le diagramme était présenté conjointement au texte ont obtenu des scores significativement plus élevés que les étudiants des deux autres groupes. L'ensemble de ces résultats démontrent que l'ajout d'un graphique organisateur (ici une structure hiérarchique) a un effet positif sur les performances d'apprentissage des étudiants et plus particulièrement sur la mémorisation ainsi que la compréhension des informations principales qui leurs sont présentées.

En comparant l'étude d'un texte avec ou sans la présence d'un graphique organisateur, des bénéfices en termes d'apprentissage ont de nouvelles fois été montrés par McCrudden, Schraw, Lehman et Poliquin (2007). L'ensemble des participants de l'étude lisaient un texte de 1385 mots portant sur les effets des voyages dans l'espace sur le corps humain avec ou sans la présence d'un graphique organisateur montrant la séquence de cause à effet liée à l'absence de gravité dans l'espace (séquence causale, voir Figure 8). Il était demandé aux étudiants de lire le texte pendant 10 minutes en vue de le comprendre. Il leur était également indiqué qu'un test de compréhension suivrait la lecture du texte. Si aucune différence n'a été obtenue aux questions ouvertes portant sur les idées principales du texte, il est apparu que les étudiants du groupe texte et graphique obtenaient des performances significativement plus élevées que les étudiants du groupe texte seul aux questions portant sur la compréhension de la chaîne causale (45% de bonnes réponses versus 30% respectivement).

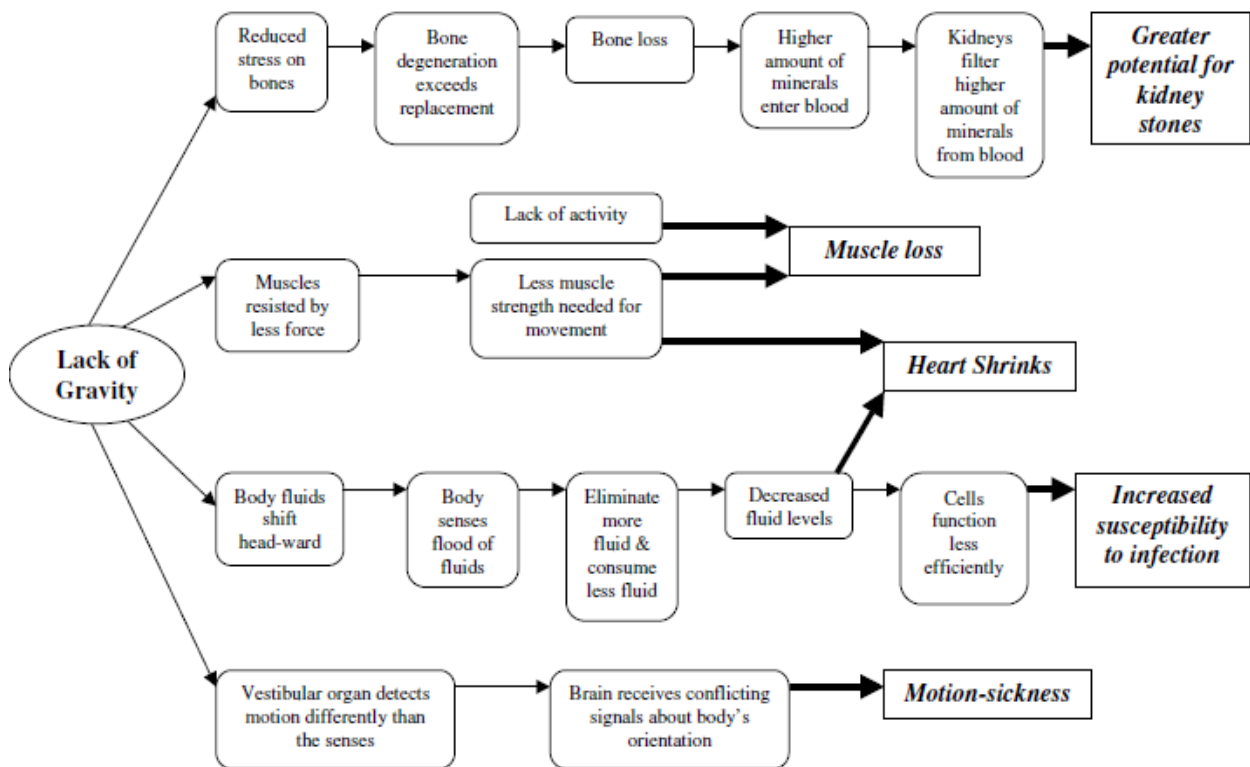


Figure 8. Graphique organisateur utilisé dans l'étude de McCrudden, Schraw, Lehman et Poliquin (2007, p.370).

Les auteurs expliquent ces effets bénéfiques par le fait que le graphique organisateur utilisé a permis de rendre explicites les relations causales implicites présentées dans le texte, ce qui a alors permis aux étudiants d'accéder à une meilleure compréhension des informations qui leur étaient présentées.

Dans une seconde étude des auteurs, les participants étudiaient soit le texte seul soit le graphique seul pendant 10 minutes. Le même protocole était utilisé. Là encore, aucune différence entre les deux groupes n'a été obtenue concernant la mémorisation des informations principales. De plus, le groupe graphique et le groupe texte seul ne se différenciaient pas l'un de l'autre au test de compréhension des séquences causales. Ces derniers résultats montrent donc qu'un graphique pourrait, dans certains cas, remplacer un texte dans la mesure où il permet aux étudiants d'accéder au même niveau de mémorisation et de compréhension des informations. Ainsi, les graphiques, en représentant spatialement les informations et en utilisant un nombre de mots moindre comparativement aux textes, pourraient s'avérer plus efficaces (en termes de temps et de gain d'apprentissage) que les textes. Par

conséquent, moins d'efforts seraient nécessaires de la part des apprenants pour traiter un graphique plutôt qu'un texte (Vekiri, 2002). Les résultats de cette étude démontrent, en outre, qu'une aide visuelle facilite la compréhension des séquences causales lorsque celle-ci est ajoutée au texte. En effet, en représentant explicitement les séquences causales du texte, le graphique a permis d'améliorer les performances d'apprentissage des étudiants au test de compréhension de ces éléments.

4. La comparaison de différents types d'aides visuelles

Les études précédentes témoignent du fait que la présence de plans ainsi que de graphiques organisateurs à des documents pédagogiques permet d'améliorer les performances d'apprentissage des étudiants en agissant comme des aides visuelles facilitant le traitement des informations. Du fait de leur caractère spatial, les graphiques organisateurs sont considérés comme étant plus efficaces que les plans dans la mesure où les liens entre les informations sont rendus davantage saillants comparativement à un plan présentant l'information de façon linéaire (e.g., Kiewra, 2012 ; Luo, Peteranetz, Kiewra, & Flanigan, 2017). Plusieurs auteurs ont réalisé des études en vue de comparer trois formats de présentation de l'information : texte seul, texte accompagné d'un plan et texte accompagné de graphiques organisateurs. Les différentes questions sous-jacentes à ces études sont les suivantes : 1) *La mise en saillance des informations via l'ajout d'un plan peut-elle améliorer les performances d'apprentissage des apprenants ?* 2) *La mise en saillance des informations via l'ajout d'un graphique organisateur peut-elle améliorer les performances d'apprentissage des apprenants ?* 3) *Quel type de mise en saillance s'avère le plus efficace pour améliorer l'apprentissage ?* (plan versus graphique organisateur).

Une étude réalisée par Kiewra, Dubois, Christian et McShane (1988) a testé les effets de la révision de différents formats de présentation de l'information sur l'apprentissage des étudiants. Dans cette étude, les étudiants visionnaient un cours vidéo de 19 minutes sur les différents types de créativité contenant 121 unités d'information. Après le visionnement de ce cours, le matériel d'apprentissage était récupéré et les étudiants revenaient une semaine plus tard afin de réviser pendant 25 minutes des notes selon 4 conditions expérimentales : condition sans notes (il leur était demandé de réviser mentalement les informations), condition texte

(correspondant à une transcription écrite du cours vidéo), condition plan contenant l'ensemble des idées du cours, condition graphiques organisateurs (matrices, contenant également l'ensemble des idées présentées au sein du cours). Les analyses révèlent que les trois groupes ayant reçu des notes à réviser ont obtenu des performances significativement plus élevées que les étudiants de la condition sans notes. De plus, les étudiants des conditions plans et graphiques organisateurs ont eu des performances significativement plus élevées de rappel des informations du cours que les étudiants du groupe texte, démontrant alors les effets positifs de ces deux types d'aides visuelles sur l'apprentissage. Ces effets positifs pourraient s'expliquer par les formats plus efficaces de ces aides visuelles comparativement au texte dans la mise en saillance des informations importantes et des liens entre les informations.

En 1995, Kiewra, Benton, Kim, Risch et Christensen ont évalué les effets de la prise de note à partir de différents types d'aides visuelles sur les performances d'apprentissage d'étudiants inscrits à l'université. Deux variables indépendantes étaient manipulées : l'aide visuelle utilisée pour la prise de note (standard (feuille blanche), plan, graphique organisateur (matrice)) ainsi que l'objectif donné aux étudiants lors d'une phase de révision du cours suite à son visionnement (test d'apprentissage versus dissertation). Les étudiants devaient visionner un cours de 19 minutes portant sur les différents types de créativité (1881 mots, 121 informations) et prendre des notes sur le support correspondant à leur condition expérimentale (feuille blanche, plan, graphique organisateur). Après le visionnement du cours, les étudiants révisaient pendant 25 minutes. Lors de cette révision, la moitié des étudiants de chaque groupe avait pour consigne de se préparer pour un test tandis que l'autre moitié devait se préparer pour une dissertation. Les étudiants répondaient ensuite à des questions portant sur les relations entretenues entre les informations présentées. Une semaine après l'étude, les participants répondaient à des questions de rappel libre sur le cours. Les résultats montrent que les étudiants ayant pris des notes avec des plans ont obtenus de meilleures performances que les étudiants en condition « prise de note standard » aux questions portant sur les liens entre information. De la même façon, en condition plan les étudiants ont obtenu de meilleurs scores de rappel différé que les étudiants du groupe standard et graphique organisateur. Ces résultats, en faveur du groupe plan, peuvent s'expliquer par le fait

que leur prise de note contenait davantage d'information du cours (50%) comparativement à celle des étudiants du groupe standard (42%) et du groupe graphique (41%). En outre, l'analyse des prises de note révèle que les notes des étudiants des deux groupes avec aides visuelles étaient plus efficaces que celles du groupe standard (idées exprimées avec moins de mots).

Une série d'étude réalisée par Robinson et Schraw (1994) visait à comparer trois types de formats différents : texte seul, texte et plan, texte et graphique organisateur (i.e., matrice). Dans leur première étude, les étudiants devaient tout d'abord étudier un texte pendant 3 minutes sur les groupements sociaux de six différentes espèces de poissons ainsi que sur les caractéristiques de chacune de ces espèces. Après cette lecture, les étudiants consultaient une aide visuelle pendant cinq minutes en fonction de la condition dans laquelle ils avaient été assignés : texte seul (identique au texte étudié lors de la phase 1), plan ou matrice. Chacune des aides visuelles contenait les mêmes informations que les autres. Les étudiants répondaient ensuite à un questionnaire d'apprentissage. Les résultats montrent que les étudiants du groupe matrice ont obtenu de meilleures performances que les étudiants du groupe texte seul témoignant alors des bénéfices de ces aides visuelles sur l'apprentissage des étudiants (respectivement 86% versus 67% de réponses correctes obtenues au sein de ces deux groupes). Les étudiants du groupe plan ne se différenciaient pas significativement du groupe texte seul et du groupe matrice. Selon les auteurs, ce dernier résultat pourrait provenir de la limite temporelle laissée à l'étude de l'aide visuelle. Dans la mesure où les matrices permettent de mettre davantage en saillance les relations entretenues entre les informations, ce type d'aides visuelles devrait permettre de repérer rapidement et en moins de temps les relations entretenues entre les concepts comparativement aux autres aides visuelles, ce qui leur permettrait, en outre, d'améliorer davantage les performances d'apprentissage des étudiants. Les auteurs ont alors réduit le temps d'étude de l'aide visuelle à une seule minute. Là encore, les scores de mémorisation des relations entre les concepts des étudiants du groupe matrice étaient plus élevés que ceux du groupe texte seul. Enfin, dans une troisième étude, les étudiants consultaient l'aide visuelle pendant cinq minutes à nouveau et répondaient à un questionnaire d'apprentissage après un délai de 25 minutes. Cette dernière étude montre que les performances des étudiants du groupe matrice n'étaient plus significativement

supérieures à celle des autres groupes lorsque le test était différé. Les auteurs font alors l'hypothèse que les efforts d'encodage seraient plus élevés en condition plan et texte seul qu'en condition matrice ce qui expliquerait que les performances des étudiants de ces groupes ne soient pas fortement affectées par le délai contrairement à celles des étudiants en condition matrice (profondeur de traitement, Craik & Lockhart, 1972).

Des résultats très intéressants ont également été rapportés dans deux études réalisées par Robinson et Kiewra (1995). Dans une première étude, des étudiants inscrits à l'université devaient étudier un texte de 6500 mots portant sur les comportements atypiques dans une des trois conditions suivantes : condition texte seul, condition texte et vues d'ensemble, condition texte et graphiques organisateurs (6 matrices et 1 structure hiérarchique). Les vues d'ensemble ainsi que les graphiques organisateurs utilisés délivraient exactement les mêmes informations (voir Figure 9). Les vues d'ensemble correspondaient ici à des plans étendus dans la mesure où ils contenaient à la fois la structure hiérarchique du texte (thèmes et sous-thèmes) ainsi que des informations supplémentaires liées à chaque sous-thème. Une deuxième variable indépendante était manipulée dans cette étude, à savoir le moment du test de connaissances : immédiatement après la consultation du document ou bien deux jours après. Les étudiants avaient tout d'abord 45 minutes pour étudier le matériel qui leur était fourni puis les textes étaient récupérés en condition vues d'ensemble et matrices et les étudiants avaient 15 minutes pour continuer d'étudier le matériel restant (aides visuelles ou texte en condition texte seul). Les étudiants répondaient enfin au questionnaire d'apprentissage qui était composé de plusieurs types de questions : 15 questions sur les éléments non représentés (éléments qui n'étaient présents dans aucune des aides visuelles), 15 questions sur les éléments représentés (éléments qui étaient présentés au sein des aides visuelles), 21 questions sur les relations hiérarchiques entretenues entre les informations (questions sur la structure du texte), un exercice de dissertation où il était demandé aux étudiants de comparer et de contraster les relations entre les éléments et un test de compréhension (application des connaissances acquises dans le document à de nouvelles situations).

Schizophrenia

- I. **Simple**
 - A. % of Americans: 1/10
 - B. Symptoms: gradual withdrawal and disinterest in the world
 - C. Severity: most likely to fend for themselves

- II. **Paranoid**
 - A. % of Americans: 1
 - B. Symptoms: feeling of being persecuted
 - C. Severity: may live in a marginal way

- III. **Catatonic**
 - A. % of Americans: 1/10
 - B. Symptoms: peculiar motor behavior alternating between stupor and frenzy
 - C. Severity: series of short attacks over many years

- IV. **Hebephrenic**
 - A. % of Americans: 3/4
 - B. Symptoms: regressive behavior and total disregard for personal hygiene
 - C. Severity: most severe

Schizophrenia

	Simple	Paranoid	Catatonic	Hebephrenic
<i>% of Americans:</i>	1/10	1	1/10	3/4
<i>Definition:</i>	gradual withdrawal and disinterest in the world	feeling of being persecuted	peculiar motor behavior alternating between stupor and frenzy	regressive behavior and total disregard for personal hygiene
<i>Severity:</i>	most likely to fend for themselves	may live in a marginal way	series of sudden, short attacks over many years	most severe

Figure 9. Condition vues d'ensemble (en haut) et condition matrice (en bas) utilisées dans l'étude de Robinson et Kiewra (1995, p.456).

Conformément aux hypothèses des auteurs, les résultats de cette première étude montrent que les étudiants de la condition matrice ont obtenu des scores significativement plus élevés à l'exercice de dissertation que les étudiants de la condition vues d'ensemble ou encore que ceux de la condition texte seul (i.e., plus de mise en relation des informations ainsi que davantage de mise en contraste entre les éléments). En outre, les données recueillies indiquent que la diminution des performances des étudiants du groupe matrice au test de compréhension est moindre entre le test immédiat et le test différé que celle des étudiants des deux autres groupes.

Dans une seconde expérience, les participants devaient étudier le matériel d'apprentissage pendant une heure (texte seul, vues d'ensemble ou graphiques) suivi par une période de révision de 15 minutes un jour après l'expérimentation. Les résultats montrent que l'étude d'une aide visuelle (vue d'ensemble ou graphique) a permis d'améliorer significativement le rappel des éléments représentés comparativement aux étudiants du groupe texte seul. De plus, les étudiants en condition graphique ont obtenu de meilleures performances que les autres groupes aux questions portant sur les relations hiérarchiques, à l'exercice de dissertation ainsi qu'au test de compréhension. Aucune différence n'a été observée entre les étudiants du groupe vues d'ensemble et du groupe texte seul aux questions portant sur les relations hiérarchiques.

Des études similaires à celles conduites par Robinson et Schraw en 1994 ont été réalisées par Bera et Robinson en 2004. Dans leur étude, les étudiants consultaient un texte plus long que dans l'étude de Robinson et Schraw (1000 mots versus 200 mots) et le questionnaire différé était réalisé 5 minutes après la consultation du document au lieu de 25 minutes après sa consultation. Deux variables indépendantes étaient manipulées : le type d'aides visuelles présentées (plan ou graphique organisateur, voir Figure 10) ainsi que le moment du questionnaire d'apprentissage (immédiat, différé). Il en résulte donc 4 conditions expérimentales. Tout comme dans l'étude de Robinson et Schraw (1994), cette étude montre que les performances des étudiants du groupe graphique diminuent davantage entre le questionnaire immédiat et le questionnaire différé face à celle des étudiants du groupe plan et du groupe texte seul.

- I. Physical–Biological
 - A. Internal
 - 1. Example: Genetic factors
 - 2. Example: Biochemical factors
 - 3. Example: Neurological factors
 - B. External
 - 1. Example: Adequate nutrition
 - 2. Example: Physical trauma
 - 3. Example: Toxic waste
 - C. Interactive
 - 1. Example: Genetic predispositions interact with external circumstances
- II. Individual–Psychological
 - A. Internal
 - 1. Example: Individual’s internal psychological nature
 - 2. Example: Freud’s theory of Id, Ego, and Superego
 - B. External
 - 1. Example: Behavior is conditioned by the external environment
 - 2. Example: Operant and Classical conditioning
 - C. Interactive
 - 1. Example: Individual characteristics interacts with environmental demands
- III. Relationship
 - A. Internal
 - 1. Example: Symbolic representations of interpersonal relationships
 - 2. Example: Bowlby’s internal working models
 - B. External
 - 1. Example: External family relationships
 - 2. Example: External social institutions
 - C. Interactive
 - 1. Example: Internal mental representations interact with interpersonal interactions

	Internal	External	Interactive
Physical / Biological	<ul style="list-style-type: none"> • Genetic factors • Biochemical factors • Neurological factors 	Examples: <ul style="list-style-type: none"> • Adequate nutrition • Physical trauma • Toxic waste 	<ul style="list-style-type: none"> • Genetic predispositions <i>Interact With:</i> <ul style="list-style-type: none"> • External circumstances
Individual / Psychological	<ul style="list-style-type: none"> • Individual’s internal psychological nature (e. g., Freud’s theory of Id, Ego, and Superego)	<ul style="list-style-type: none"> • Behavior is conditioned by the external environment (e. g., Operant and Classical conditioning)	<ul style="list-style-type: none"> • Individual characteristics <i>Interact with:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Environmental Demands
Relationship	<ul style="list-style-type: none"> • Symbolic representations of interpersonal relationships (e. g., Bowlby’s internal working models)	<ul style="list-style-type: none"> • External family relationships • External social institutions 	<ul style="list-style-type: none"> • Internal mental representations <i>Interact with:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Interpersonal interaction

Figure 10. Condition plan à gauche et condition graphique organisateur à droite dans l'étude de Bera et Robinson (2004, p.382, p.388).

Dans leur seconde étude, Bera et Robinson (2004) ont utilisé le même matériel expérimental que celui utilisé dans les études précédemment décrites de Robinson et Kiewra (1995). La procédure était quasiment identique à celle de la première étude. Les deux mêmes variables indépendantes étaient manipulées : 2 (plans versus graphiques organisateurs) x 2 (questionnaire immédiat versus différé de 5 minutes). Toutefois, les étudiants avaient ici une heure pour consulter le document (versus 45 minutes dans l'étude de Robinson et Kiewra, 1995). Contrairement aux résultats obtenus dans l'étude de Robinson et Kiewra, il apparaît ici que les performances des étudiants en condition texte et graphiques organisateurs augmentent du questionnaire immédiat au questionnaire différé tandis que les performances des étudiants du groupe plan restent inchangées. Ces résultats soutiennent alors la supériorité des graphiques organisateurs face aux plans sur des performances au long terme.

Dans une étude conduite par McCrudden, Schraw et Lehman (2009) trois conditions expérimentales étaient comparées : l'étude d'un texte de 484 mots portant sur la manière dont les avions décollent était suivie soit de la relecture du même texte (texte seul), de l'étude d'une liste des informations du texte (plan) ou bien de l'étude d'un graphique organisant les informations sous la forme d'une chaîne causale (graphique organisateur, voir Figure 11).

- Plane moves forward
- Wings cut through the air
- Air flows over top & bottom of wing
- Air on top flows faster than the air on bottom
- Air pressure on top of wing is lower than air pressure on bottom
- Downward force less than upward force
- Lift achieved

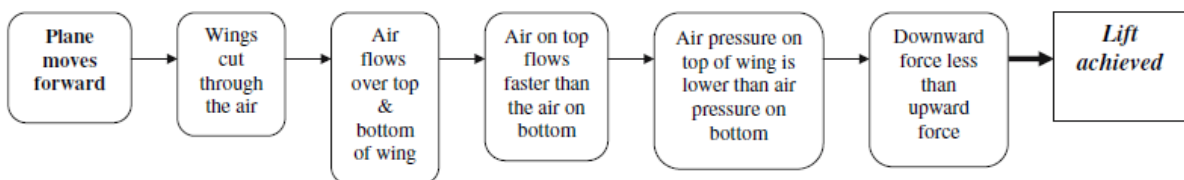


Figure 11. Plan (en haut) et graphique (en bas) utilisés dans l'étude de McCrudden, Schraw et Lehman (2009, p.66-67).

L'analyse des résultats révèle que l'étude d'une aide visuelle après la lecture du texte (groupe plan et groupe graphique) a permis aux étudiants de rappeler davantage d'informations concernant les séquences causales présentées comparativement aux étudiants du groupe texte seul (84% de réponses correctes en condition plan, 83% en condition graphique et 56% en condition texte seul). De la même façon, ces étudiants ont obtenu de meilleurs scores au test de compréhension globale des relations causales du texte face aux étudiants du groupe texte seul (66% de réponses correctes en condition plan, 65% en condition graphique et 55% en condition texte seul). De plus, les étudiants en condition graphique ont obtenu des scores significativement plus élevés au test de transfert des connaissances que les étudiants du groupe texte seul (40% versus 27%).

Le même protocole expérimental était utilisé dans une seconde étude avec un matériel légèrement différent : le texte présenté aux étudiants contenait 460 mots et expliquait comment les astronautes développaient des calculs rénaux. Les résultats obtenus montrent que les étudiants de la condition graphique ont rappelé davantage d'étapes de la chaîne causale comparativement aux étudiants de la condition plan ainsi qu'à ceux de la condition texte seul. Ceux de la condition plan rappelaient également davantage d'étapes face à ceux de la condition texte seul. L'étude du texte avec une aide visuelle (condition plan et graphique) a également permis aux étudiants d'obtenir de meilleurs scores au test de transfert des connaissances ainsi qu'au test de compréhension globale des relations causales du texte face aux étudiants du groupe texte seul. Ces derniers résultats répliquent alors les résultats de leur première étude, témoignant une fois de plus des effets bénéfiques de l'ajout d'aides visuelles à un document pédagogique sur la mémorisation des informations (étapes d'une chaîne causale) ainsi que sur la compréhension globale du document et des relations entretenues entre les informations présentées.

L'ensemble des études présentées dans ce chapitre soutiennent les effets bénéfiques des aides visuelles, que celles-ci soient linéaires (plans, vues d'ensemble) ou spatiales (graphiques organisateurs : chaîne causales, structures hiérarchiques, matrices, etc.) sur la mémorisation ainsi que sur la compréhension des informations d'un document (e.g., Bui & McDaniel, 2015 ; Guri-Rozenblit, 1989 ; Krug, George, Hannon, & Glover, 1989 ; Nesbit & Adesope, 2006 ; Peverly et al., 2013 ; Vekiri, 2002). Ces aides visuelles vont non seulement mettre en évidence les informations importantes d'un document mais également servir de supports à l'élaboration d'un modèle mental cohérent pour les apprenants. Celles-ci permettraient ainsi d'aider les apprenants à élaborer la base de texte (cf modèle de van Dijk et Kintsch, 1978, Chapitre 1) et de mémoriser les informations principales mises en saillance dans ces aides visuelles (i.e., macrostructure). Enfin, en représentant explicitement l'organisation du texte, les plans ainsi que les graphiques organisateurs facilitent la mise en lien des informations par les apprenants. Ces aides permettent un encodage visuo-spatial de l'information et aident les apprenants à se représenter la structure du document. Ces aides vont donc faciliter les processus de sélection, d'organisation ainsi que d'intégration des informations (Fiorella & Mayer, 2016 ; de Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2009).

CHAPITRE 3

Les activités de génération

Le deuxième chapitre de cette thèse a permis d'illustrer les effets bénéfiques de l'ajout d'aides visuelles (plans, graphiques organisateurs) sur les performances d'apprentissage des étudiants. De plus, les modèles théoriques de l'apprentissage présentés dans le premier chapitre soulignent l'importance de l'engagement actif des étudiants dans leur apprentissage. Ainsi, ce troisième chapitre théorique vise à s'interroger sur les effets de l'auto-génération d'aides visuelles par les étudiants sur leurs performances en termes de mémorisation et de compréhension. Nous nous intéresserons plus spécifiquement à la théorie générative développée par Wittrock (1974) ainsi qu'aux différentes techniques permettant de favoriser un apprentissage par génération.

En outre, nous nous focaliserons sur les stratégies d'organisation que sont l'auto-génération de plans et de graphiques organisateurs. Nous présenterons alors plusieurs études ayant comparé les aides visuelles données aux apprenants aux aides visuelles auto-générées par les apprenants sur les performances d'apprentissage.

1. L'apprentissage par génération

1.1. La théorie générative de Wittrock

Le modèle Sélection-Organisation-Intégration de l'apprentissage par génération de Fiorella et Mayer (2015, 2016, voir chapitre 1) a été développé à partir des travaux menés par Merlin Wittrock portant sur la génération d'informations par les apprenants. Wittrock est en effet l'auteur de la théorie de l'apprentissage par génération (1974, 1979, 1985, 1989) selon laquelle la compréhension dépend des transformations cognitives ainsi que des élaborations réalisées par l'apprenant sur les stimuli qui lui sont présentés (Wittrock, 1979, p.9). De plus, d'après ce modèle,

« Les personnes comprennent et rappellent les informations lorsqu'ils génèrent des relations a) entre les propositions et phrases du texte, et b) entre le texte et leurs connaissances en mémoire sémantique et leurs expériences en mémoire épisodique. Les générations élaborées sont influencées par a) les objectifs et intentions des apprenants, b) la manière dont l'apprenant doit traiter le texte et c) les caractéristiques du texte » (Wittrock & Alessandrini, 1990, p.490, notre traduction).

Wittrock définit alors la génération comme étant *« la construction active de relations entre plusieurs parties du texte ainsi qu'entre le texte et ses connaissances et expériences »* (Wittrock, 1989, p.349). Le modèle de Wittrock (1989, 1991, 1992, 2010 ; Osborne & Wittrock, 1983, 1985) repose sur quatre composantes différentes :

- **la mémoire** : connaissances préalables de l'apprenant, capacités métacognitives, expériences personnelles, stratégies d'apprentissage, idées préconçues sur l'apprentissage, etc. ;
- **la motivation** : volonté de l'apprenant à s'engager activement dans l'apprentissage, capacité à attribuer ses réussites ou ses échecs à ses propres efforts investis dans la tâche, besoin d'un sentiment d'auto-efficacité et de contrôle élevé sur son activité d'apprentissage (e.g., Pintrich, 1999, 2003 ; Pintrich & DeGroot, 1990 ; Zimmerman, 2000, 2002). Importance de l'intérêt et de l'attribution causale interne.

- **l'attention** : l'apprenant doit diriger son attention vers les informations importantes lui permettant de donner du sens au document qui lui est présenté.
- **la génération** : les apprenants doivent organiser les nouvelles informations dans des ensembles cohérents qui leurs sont propres et qui sont en accord avec leurs expériences personnelles et connaissances préalables (création d'analogies, de résumés, de métaphores, etc.).

Lors de la lecture d'un texte, les connaissances de l'apprenant vont être modifiées et réorganisées pour créer une représentation mentale des informations présentées. Le lecteur doit alors s'engager activement et fournir des efforts pour créer une représentation mentale et générer des liens entre les différentes connaissances. Selon Wittrock (1979, p.10, notre traduction) « *L'apprenant est responsable du respect des consignes et de la construction active de représentations mentales. L'enseignant est quant à lui responsable du design et de la conduite des activités et des échanges facilitant la construction active de représentations mentales* ». L'individu n'est donc pas passif face à l'information qui lui est présentée mais bien actif dans « la création de sens », lui permettant de comprendre un document et d'inférer de nouvelles connaissances à partir des informations qui lui sont fournies et de ses propres connaissances en mémoire. De plus, selon Wittrock, l'instructeur doit enseigner aux apprenants comment devenir actif dans la génération d'information et leur montrer que les efforts qu'ils investissent dans l'apprentissage produisent des résultats efficaces (Wittrock, 1991, p.175).

Ainsi, en vue d'améliorer l'apprentissage par génération, plusieurs techniques peuvent être employées par l'enseignant. Tout d'abord, l'enseignant peut tenter d'orienter l'attention de l'apprenant sur certaines informations spécifiques d'un document afin de s'assurer que celles-ci soient traitées (Osborne & Wittrock, 1985). Des consignes spécifiques, une mise en saillance des informations (changement de couleur, mise en gras...) peuvent donc être utilisées afin d'encourager les apprenants à traiter les éléments clés d'un document pédagogique. De la même façon, plusieurs moyens existent afin de favoriser les processus de génération chez les apprenants. En effet, la création d'une bonne représentation mentale des informations présentées peut être favorisée via l'utilisation de consignes de

génération : construction de résumés, de graphiques, de titres et sous-titres, d'images, etc. (Osborne & Wittrock, 1985). La figure ci-dessous (Figure 12, Wittrock, 1989, p.354, notre traduction) montre plusieurs aides pouvant être fournies par l'enseignant ainsi que plusieurs consignes pouvant être données aux apprenants afin de favoriser la génération.

Techniques pour favoriser la génération	
<i>Fourni par l'enseignant</i>	<i>Généré par l'apprenant</i>
<i>Entre les concepts présentés dans le cours</i>	
Titres	Générer des titres
Questions	Écrire des questions
Objectifs	Formuler des objectifs
Résumés	Écrire des résumés
Graphiques	Dessiner des graphiques
Tableaux	Préparer des tableaux
Idées principales	Construire les idées principales
<i>Entre le cours et les connaissances préalables</i>	
Démonstrations	Réaliser des démonstrations
Métaphores	Construire des métaphores
Analogies	Proposer des analogies
Exemples	Donner des exemples
Images	Dessiner des images
Applications	Résoudre des problèmes
Interprétations	Développer des explications
Paraphrases	Rédiger avec ses propres mots
Inférences	Faire des inférences

Figure 12. Tableau présentant différentes techniques visant à favoriser la génération par les apprenants (Wittrock, 1989, p.354).

La théorie de Wittrock a été schématisée par Lee, Lim et Grabowski en 2008 dans la figure ci-dessous. Comme le montre la Figure 13, l'élément fondamental de l'apprentissage par génération est la construction de connaissances. De plus, le modèle met en évidence le fait que plusieurs éléments vont influencer la construction de connaissances telles que les connaissances préalables de l'apprenant contenues en mémoire, la volonté de l'apprenant à s'engager dans son apprentissage (motivation) ainsi que les stratégies d'apprentissages utilisées au cours de l'apprentissage. En outre, le modèle indique également que les processus de génération sont influencés par des éléments liés aux compétences métacognitives de l'apprenant (stratégies métacognitives, compétences dans l'apprentissage auto-régulé, etc.).

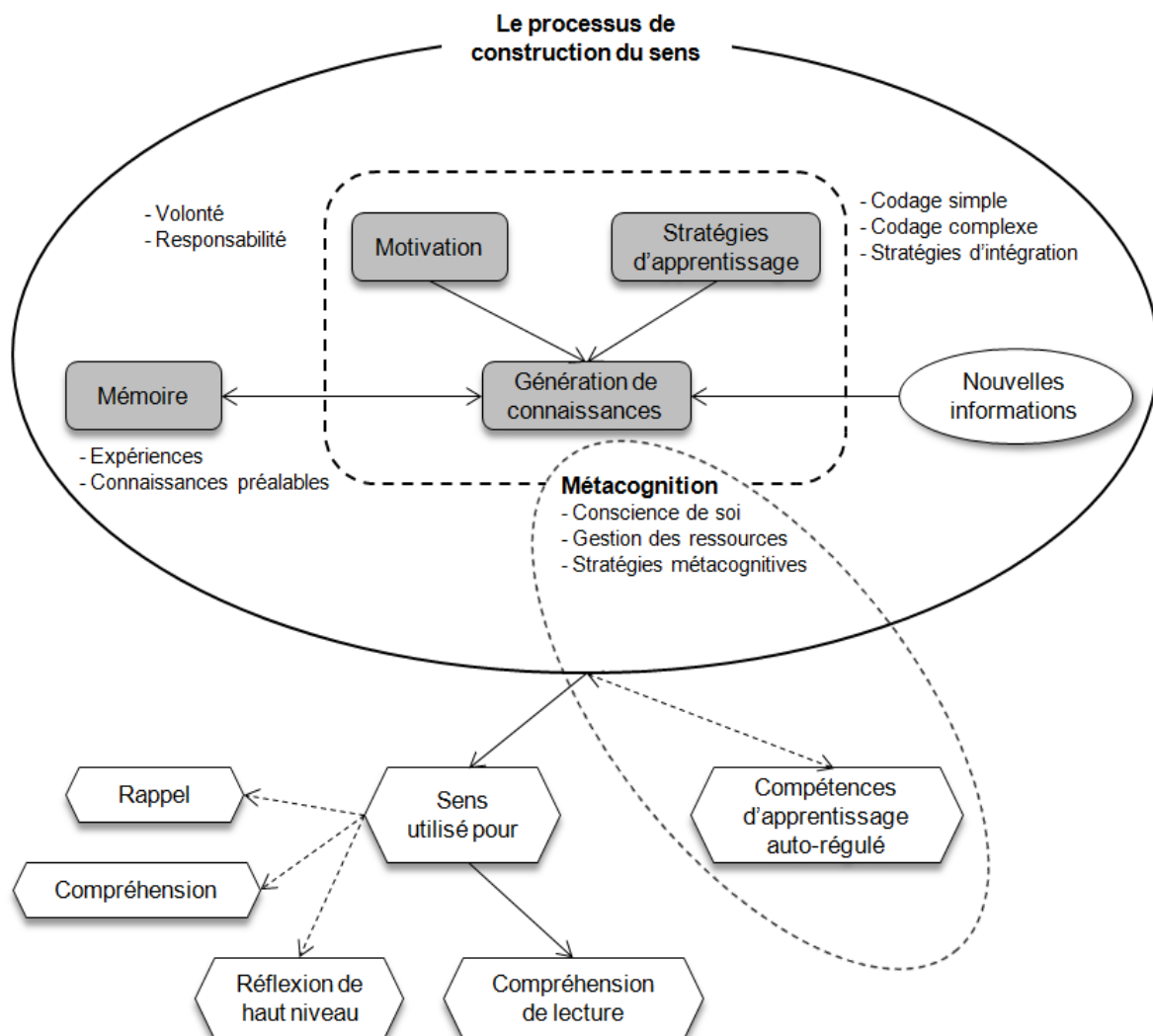


Figure 13. L'apprentissage par génération (Lee, Lim, & Grabowski, 2008, p.113, notre traduction).

1.2. Deux hypothèses des effets de génération sur l'apprentissage

Les théories présentées soulignent le fait que les processus de génération peuvent être favorisés en utilisant des consignes de génération engageant les apprenants dans la construction de nouveaux formats organisant les informations. En effet, s'il est demandé à un apprenant de générer des informations ou bien de transformer le format de présentation des informations (élaboration de résumés, analogies, plans, structure hiérarchiques, matrices...) alors celui-ci devra diriger son attention sur les éléments pertinents du document afin de réaliser la tâche de génération. De plus, l'apprenant devra s'engager dans des processus de sélection et d'organisation des informations (cf modèle de Fiorella & Mayer, 2016) qui lui permettront de donner plus de sens au matériel d'apprentissage et de faciliter la génération de nouvelles connaissances (modèle de Wittrock, 1989).

Ainsi, selon la théorie de l'apprentissage par génération (Fiorella & Mayer, 2015, 2016 ; Wittrock, 1989), l'engagement actif de l'apprenant dans son apprentissage, contrairement à un apprentissage passif, devrait améliorer ses performances en termes de mémorisation et de compréhension (e.g., Lee, Lim, & Grabowski, 2008). Si l'étudiant doit réaliser une tâche où il lui est demandé de sélectionner les informations essentielles présentées dans un document et de les organiser selon leurs relations hiérarchiques (i.e., processus centraux, Mayer, 2014a), cela devrait avoir une influence bénéfique sur son apprentissage. Pour rappel, la compréhension de textes scientifiques requiert l'extraction des informations de la macrostructure du texte (Kintsch & van Dijk, 1978 ; Lorch, Lorch, & Matthews, 1985) ainsi que la mise en relation de ces informations par les apprenants.

Selon ces modèles, les activités de génération semblent donc bénéfiques à l'apprentissage en favorisant l'utilisation de processus centraux (Mayer, 2014a). Il s'agit ici de l'hypothèse de génération prédisant des effets positifs de l'engagement actif des étudiants dans des activités de génération. Toutefois, l'engagement des étudiants dans ce type d'activités peut également s'avérer néfaste pour leur apprentissage du fait des demandes cognitives qu'elles nécessitent.

Deux théories différentes sont alors proposées dans la littérature concernant les activités de génération (voir Tableau 3) : la *generative theory* (hypothèse de génération) ainsi que la théorie de la charge cognitive (hypothèse de charge cognitive).

Tableau 3. Comparaison des deux théories par Stull et Mayer (2007, p.810).

Théorie	Donné par l'instructeur	Auto-généré par l'apprenant
Charge cognitive	<i>Fournir un graphique organisateur diminue le niveau de processus cognitifs incidents et permet l'utilisation de processus centraux.</i>	<i>Générer un graphique organisateur augmente le niveau de processus cognitifs incidents et limite l'utilisation de processus centraux.</i>
Générative	<i>Fournir un graphique organisateur n'encourage pas l'utilisation de processus centraux.</i>	<i>Générer un graphique organisateur encourage l'utilisation de processus centraux.</i>

Ce tableau compare les prédictions de ces deux théories dans deux situations : lorsqu'une aide visuelle est donnée par l'instructeur à l'apprenant et lorsque l'apprenant doit auto-générer l'aide visuelle. Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'ajout d'une aide visuelle permet d'améliorer les performances d'apprentissage des apprenants mais qu'en est-il lorsque celle-ci est auto-générée par les apprenants ? Selon la *generative theory*, la génération d'une aide visuelle engage davantage les étudiants dans les processus centraux de traitement de l'information ce qui ne serait pas le cas lorsque l'aide visuelle est donnée par l'instructeur. En effet, n'ayant pas à s'engager dans une tâche de génération de l'information, l'implication des étudiants dans la tâche d'apprentissage serait moindre. Au contraire de la théorie de la génération, la théorie de la charge cognitive considère qu'être actif dans son apprentissage via la génération d'une aide visuelle peut consommer une quantité importante des ressources cognitives de l'apprenant et surcharger ses capacités cognitives limitées. Aussi, si trop de ressources cognitives sont utilisées pour réaliser l'activité de génération alors peu de ressources cognitives resteront disponibles pour traiter profondément les informations pertinentes du document, ce qui aura un effet négatif sur leur apprentissage (Mayer, 2014a). L'hypothèse de la charge cognitive postule alors que les demandes de la tâche peuvent être trop élevées en mémoire de travail du fait de la difficulté de celle-ci ou

encore du fait des moyens utilisés pour la réaliser et par conséquent, créer des processus incidents néfastes aux performances d'apprentissage des apprenants.

La majorité des travaux portant sur les activités de génération ont comparé des conditions où les étudiants avaient pour consigne d'auto-générer des informations à des conditions contrôle où aucune consigne n'était fournie. Ces études se sont alors intéressées à la génération de plusieurs types d'information : résumés, schémas, phrases, titres. Celles-ci rapportent des effets positifs des activités de génération sur l'apprentissage (e.g., génération d'images mentales, Bower, 1970 ; génération de phrases, Doctorow, Wittrock, & Marks, 1978 ; génération de mots, Slamecka & Graf, 1978 ; génération d'images, Mason, Lowe, & Tornatora, 2013 ; générations de relations hiérarchiques, Wittrock & Carter, 1975 ; Wittrock & Kelly, 1984) ou encore sur les stratégies d'auto-régulation (e.g., génération de résumés ou d'explications, Pilegard & Fiorella, 2016). Dans les parties suivantes, nous présenterons uniquement les effets de générations d'aides visuelles (plans et graphiques organisateurs) sur les performances d'apprentissage comparativement à des groupes contrôle.

De plus, de nouveaux travaux s'intéressant aux activités de génération ont étudié si la mémorisation ainsi que la compréhension des informations présentées dans un document pédagogique étaient plus importantes lorsqu'une aide visuelle était fournie avec le document ou bien lorsque cette aide visuelle était auto-générée par l'apprenant. Peu d'études ont comparé les effets de la présence (groupe aide donnée) ou de l'absence de l'aide visuelle (groupe contrôle) à un groupe ayant pour consigne d'auto-générer cette aide au cours de son apprentissage (groupe aide auto-générée). Les quelques études ayant manipulée conjointement les effets de la présence d'aides visuelles et de leur auto-génération seront présentées dans la section suivante.

2. La génération d'aides visuelles

Plusieurs auteurs ont testé les effets de la génération de différentes aides visuelles sur les performances d'apprentissage des étudiants. Par exemple, dans une étude de Hall, Bailey et Tillman (1997), les étudiants devaient lire un texte décrivant le fonctionnement des moteurs et des pompes avec ou sans illustrations (condition texte seul versus condition illustration) tandis que les étudiants d'un troisième groupe devaient auto-générer des illustrations au cours de la lecture du texte (groupe auto-génération). Les auteurs ont montré que les étudiants des groupes avec illustrations (données ou auto-générées) obtenaient de meilleures performances que les étudiants du groupe contrôle à un test de résolution de problèmes. De plus, aucune différence n'a été obtenue entre le groupe illustrations données et le groupe illustrations auto-générées. Ces résultats témoignent alors des effets bénéfiques de l'ajout d'aides visuelles au matériel d'apprentissage et introduisent la difficulté de l'évaluation des apports des activités de génération sur l'apprentissage comparativement à des situations où ces aides sont directement fournies avec le document. Plus récemment, Schmidgall, Eitel et Scheiter (2016) ont montré que des étudiants visionnant une animation sur la natation donnée par l'instructeur obtenaient de meilleures performances à un test de reconnaissance que les étudiants qui avaient pour consigne d'auto-générer des illustrations contenant les éléments clés du texte. Les effets de génération pourraient alors s'avérer bénéfiques face à un groupe contrôle mais néfastes lorsqu'ils sont comparés à un groupe ayant déjà l'aide visuelle.

De nombreuses aides visuelles visant à favoriser les processus de sélection, d'organisation et d'intégration peuvent être utilisées. Nous nous intéresserons ici plus spécifiquement ici à deux types d'aides visuelles différentes à savoir les plans ainsi que les graphiques organisateurs.

2.1. Générer un plan

Bien que les plans constituent des aides visuelles largement utilisées dans le milieu académique, peu d'études se sont intéressées aux effets de l'auto-génération de plan par les étudiants sur leurs performances d'apprentissage. Aussi, la majorité

des études portant sur les plans se sont intéressées aux effets de leur présence sur la mémorisation ainsi que la compréhension des étudiants et non aux effets de leur auto-génération (e.g., Bui & McDaniel, 2015 ; Kiewra & Benton, 1987 ; Peverly et al., 2013 ; Rossi, 1990, voir Chapitre 2, section 2.2.).

Une ancienne étude réalisée par Balluerka en 1995 a testé l'influence de différentes consignes d'auto-génération sur l'apprentissage d'étudiants inscrits à l'université. Dans cette étude, l'ensemble des participants devaient étudier un texte de 1336 mots pendant 22 minutes décrivant les méthodes d'électrophotographie (xérogaphie) permettant la photocopie de documents. En fonction de la condition expérimentale, les étudiants recevaient soit le texte seul (condition sans aide, contrôle), soit le document ainsi qu'un résumé des informations principales (condition instructions écrites), soit le document et le résumé ainsi qu'une consigne d'auto-génération d'un plan des informations présentées (condition instructions écrites et plan) ou bien le document ainsi que des illustrations du processus de xérogaphie (condition illustration). Les étudiants de chacun de ces quatre groupes répondaient à un questionnaire d'apprentissage soit immédiatement après la lecture du texte soit 24 heures après. Les analyses révèlent un effet significatif du type d'aide utilisée ainsi que du moment du questionnaire d'apprentissage (voir Figure 14).

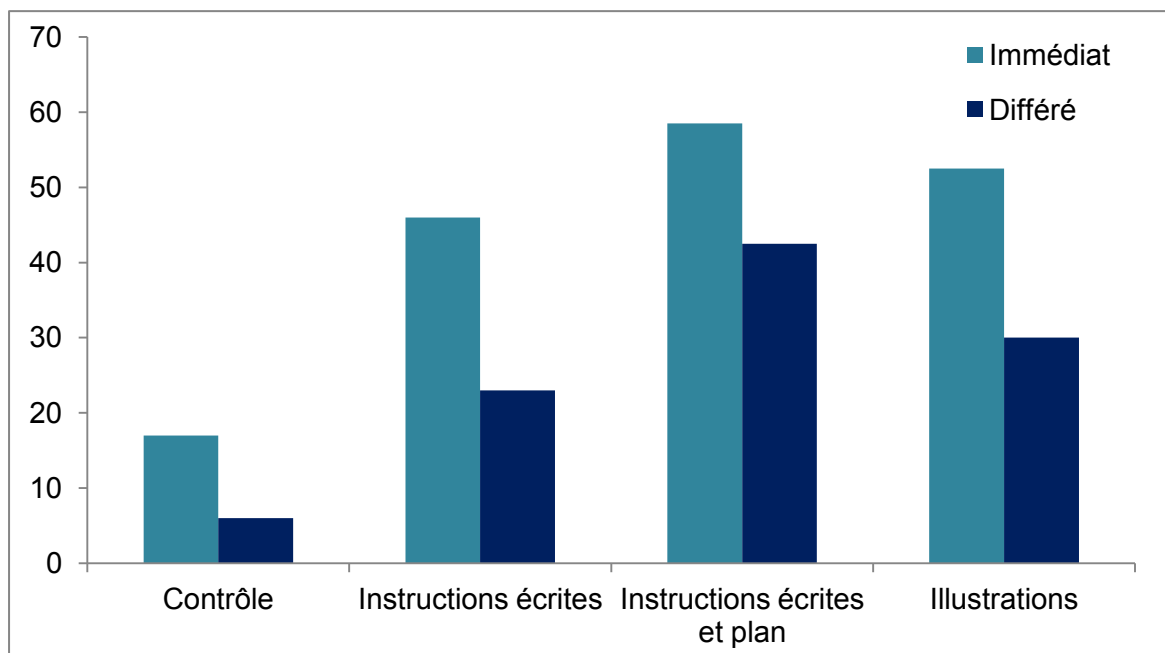


Figure 14. Résultats obtenus (en pourcentage de réponses correctes) aux questions de compréhension dans l'étude de Balluerka (1995, p.372).

Les étudiants du groupe « instructions écrites », « instructions écrites et plan » et « illustrations » ont tous obtenu de meilleurs scores de compréhension que les étudiants du groupe contrôle. De plus, les étudiants du groupe « instructions écrites et plan » ont obtenu des performances significativement plus élevées que les étudiants du groupe « instructions écrites » à ces questions, démontrant un effet bénéfique de l'auto-génération d'un plan.

En outre, les résultats de l'étude montrent également que les étudiants des groupes « instructions écrites », « instructions écrites et plan » ainsi qu'« illustrations » ont tous les trois obtenus des scores plus élevés au test de reconnaissance des informations présentées que les étudiants du groupe contrôle. Enfin, les scores obtenus par les étudiants étaient toujours plus importants lorsque le test d'apprentissage était donné immédiatement après la lecture du texte plutôt que 24 heures après. Ainsi, cette étude démontre des effets positifs de l'auto-génération d'un plan par les étudiants lors de l'étude d'un texte scientifique sur leurs performances d'apprentissage. D'après l'auteur, cet effet positif peut-être attribué au fait que « *les sujets devaient devenir plus engagés dans l'organisation du texte ce qui a facilité l'intégration des différentes parties du texte et a rendu les informations essentielles et les liens entre ces informations plus saillantes* » (Balluerka, 1995, p. 374, notre traduction). Toutefois, les effets d'un plan sont ici confondus avec les effets de génération d'un plan. Il est donc nécessaire de réaliser des études comparant les effets d'un plan fourni avec le document aux effets d'un plan auto-généré par les apprenants sur les performances d'apprentissage afin d'isoler les effets liés à l'activité de génération.

2.2. Générer un graphique organisateur

Un plus grand nombre d'étude se sont intéressées aux effets de la génération de graphiques plutôt qu'aux effets de la génération de plans sur l'apprentissage. En effet, tout comme les plans, les graphiques vont permettre de représenter les informations essentielles d'un document ainsi que les liens entretenus entre ces informations. Toutefois, leur format spatial permettrait de mettre davantage en saillance les relations entretenues entre les informations que les plans (e.g., Luo et al., 2017). De plus, les études ayant comparé les effets de plusieurs types d'aides visuelles sur l'apprentissage révèlent une supériorité des formats spatiaux face aux

formats linéaires (e.g., Bera & Robinson, 2004 ; McCrudden et al., 2009 ; Robinson & Kiewra, 1995, voir Chapitre 2, section 2.4.).

Holley, Dansereau, McDonald, Garland, et Collins (1979) ont comparé deux conditions différentes. Des étudiants d'un groupe contrôle devaient apprendre un passage de géologie de 3000 mots en utilisant leur propre stratégie d'apprentissage tandis que les étudiants d'un second groupe devaient apprendre ce même passage en utilisant une stratégie de *mapping*. Les étudiants de ce dernier groupe avaient reçu au préalable des sessions d'entraînement leur montrant comment utiliser une stratégie de *mapping* (i.e., construction d'une structure hiérarchique pour organiser les informations, exercices, etc.). Les résultats de l'étude montrent que les étudiants ayant utilisé cette stratégie ont obtenu des scores significativement plus élevés que les étudiants du groupe contrôle à des questions portant sur les informations principales du document étudié (i.e., macrostructure, 63,21% de réponses correctes en condition *mapping* versus 47,15% en condition contrôle). Aucune différence significative n'a cependant été obtenue aux questions portant sur les détails du document (i.e., microstructure, 40,08% de réponses correctes en condition *mapping* versus 39,83% en condition contrôle). Ces résultats montrent alors qu'une consigne de génération de graphiques organisateurs via l'entraînement et donc l'utilisation d'une stratégie de *mapping* par les étudiants a permis d'améliorer leurs performances d'apprentissage comparativement à un groupe contrôle.

Une série d'étude a été réalisée par Stull et Mayer en 2007 en vue de comparer une situation d'apprentissage où les graphiques organisateurs sont fournis à l'étudiant à un apprentissage plus actif où l'étudiant doit lui-même générer les graphiques organisateurs au cours de sa lecture d'un document pédagogique. Aussi, cette étude repose sur les deux hypothèses précédemment décrites, à savoir l'hypothèse de génération ainsi que l'hypothèse de la charge cognitive. Dans une première étude, des étudiants inscrits à l'université avaient pour tâche d'apprendre un texte de biologie de 1133 mots dans une des trois conditions suivantes : document seul (condition contrôle), document accompagné de 27 graphiques organisateurs placés dans la marge (10 hiérarchies, 8 plans, 8 flow-charts, 1 matrice ; condition graphiques donnés) et document avec consigne d'auto-génération

de graphiques organisateurs lors de la lecture du document (condition graphiques auto-générés), voir Figure 15.

Reproductive Barriers

Reproductive barriers keep species separate

Clearly, a fly will not mate with a frog or a fern. But what prevents species that are closely related from interbreeding? While geographic barriers may prevent similar species from interbreeding, geography is not intrinsic to organisms. It takes a **reproductive barrier**—a biological feature of the organisms themselves—to prevent populations belonging to closely related species from interbreeding even when their ranges overlap. The various types of reproductive barriers that isolate the gene pool of species can be categorized as either prezygotic or postzygotic, depending on whether they function before or after zygotes (fertilized eggs) form.

Prezygotic Barriers

Prezygotic barriers actually prevent mating or fertilization between species. There are five main types of prezygotic barriers. One type, called **temporal isolation**, occurs when two species breed at different times—during different seasons, at different times of the day, or even in different years. For example, the geographic ranges of the western spotted skunk and the eastern spotted skunk overlap in the Great Plains, but the western species breeds in the fall and the eastern species in the late winter. Many plants also exhibit seasonal differences in breeding time. Two species of pine tree, the Monterey pine (*Pinus radiata*) and Bishop's pine (*P. muricata*) inhabit some of the same area of central California. The two species are reproductively isolated however: The Monterey pine releases pollen in February, while the Bishop's pine does so in April. Some plants are temporally isolated because their flowers open at different times of the day, so pollen cannot be transferred from one to another.

Reproductive Barriers

Reproductive barriers keep species separate

Clearly, a fly will not mate with a frog or a fern. But what prevents species that are closely related from interbreeding? While geographic barriers may prevent similar species from interbreeding, geography is not intrinsic to organisms. It takes a **reproductive barrier**—a biological feature of the organisms themselves—to prevent populations belonging to closely related species from interbreeding even when their ranges overlap. The various types of reproductive barriers that isolate the gene pool of species can be categorized as either prezygotic or postzygotic, depending on whether they function before or after zygotes (fertilized eggs) form.

Prezygotic Barriers

Prezygotic barriers actually prevent mating or fertilization between species. There are five main types of prezygotic barriers. One type, called **temporal isolation**, occurs when two species breed at different times—during different seasons, at different times of the day, or even in different years. For example, the geographic ranges of the western spotted skunk and the eastern spotted skunk overlap in the Great Plains, but the western species breeds in the fall and the eastern species in the late winter. Many plants also exhibit seasonal differences in breeding time. Two species of pine tree, the Monterey pine (*Pinus radiata*) and Bishop's pine (*P. muricata*) inhabit some of the same area of central California. The two species are reproductively isolated however: The Monterey pine releases pollen in February, while the Bishop's pine does so in April. Some plants are temporally isolated because their flowers open at different times of the day, so pollen cannot be transferred from one to another.

Figure 15. Aperçu des conditions « graphiques donnés » à gauche et « graphiques auto-générés » à droite dans l'étude de Stull et Mayer (2007, p.809).

Pour cette première étude, les analyses statistiques ne révèlent aucune différence significative entre le groupe « graphiques donnés » et le groupe « graphiques auto-générés » au questionnaire de mémorisation des informations ainsi qu'au questionnaire de compréhension. Toutefois, il apparaît que les étudiants du groupe « graphiques auto-générés » passent plus de temps sur le matériel d'apprentissage.

Afin de diminuer la difficulté de la tâche pour les étudiants, les auteurs ont répliqué cette étude en modifiant l'activité de génération. Au lieu de générer totalement les graphiques organisateurs, les étudiants devaient les générer partiellement en complétant les boîtes vides de ces graphiques. Le nombre de graphiques organisateurs donnés et à auto-générer était également réduit. Ici, 18 graphiques organisateurs étaient donnés ou à compléter (2 hiérarchies, 8 flow-charts, 8 plans). Les résultats obtenus montrent que les étudiants du groupe

« graphiques donnés » ont des performances significativement plus élevées que les étudiants du groupe « graphiques auto-générés partiellement » aux questions de compréhension du document. Toutefois, aucune différence n'a été obtenue pour le questionnaire de mémorisation des informations présentées. En outre, tout comme dans la première étude, les étudiants devant auto-générer partiellement les graphiques organisateurs ont passé significativement plus de temps sur le document que les étudiants pour qui les graphiques organisateurs étaient fournis. Ainsi, ces données vont à l'encontre de l'hypothèse de génération selon laquelle la génération de graphiques organisateurs entraîne un apprentissage actif en favorisant l'engagement des étudiants dans le traitement profond des informations. *A contrario*, ces données sont en accord avec l'hypothèse de la charge cognitive selon laquelle la génération de graphiques organisateurs augmente les processus incidents et réduit les traitements profonds (Stull & Mayer, 2007, p.810).

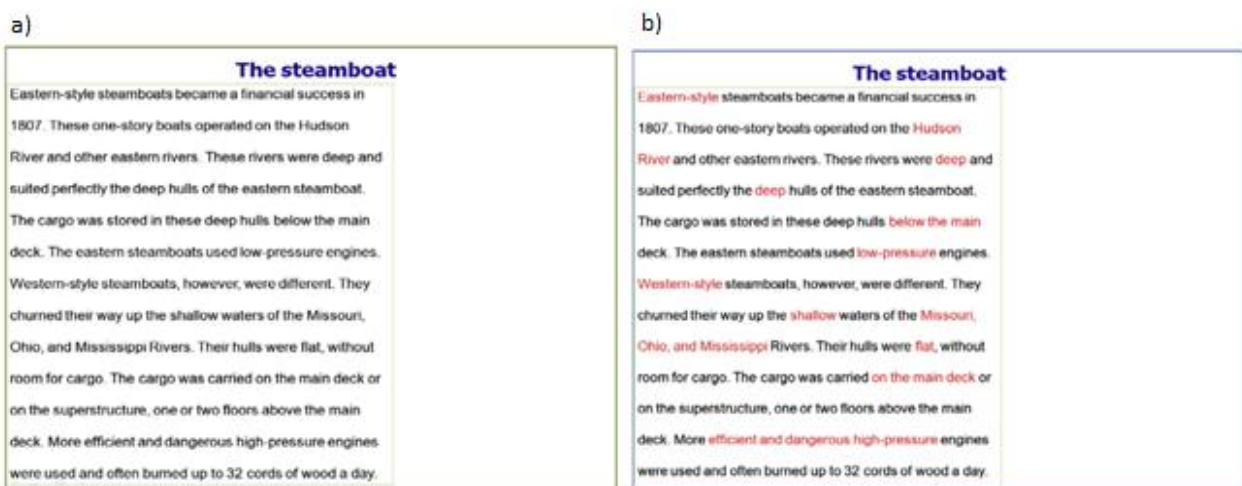
Dans une troisième et dernière étude, l'activité de génération était une nouvelle fois simplifiée. Ici, seulement 10 graphiques organisateurs étaient fournis avec le document dans le groupe « graphiques donnés » (2 hiérarchies, 8 flow-charts) ou bien à compléter dans le groupe « graphique auto-généré partiellement ». Là encore, les étudiants du groupe « graphiques donnés » ont obtenu des scores de compréhension significativement plus élevés que ceux obtenus par les étudiants du groupe « graphiques auto-générés partiellement ». Aucune différence au test de mémorisation n'a été observée. De plus, les étudiants devant compléter les graphiques passaient significativement plus de temps sur le document que les étudiants pour qui les graphiques organisateurs étaient fournis avec le texte.

Ainsi, les résultats de cette série d'études vont dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive dans la mesure où la génération des graphiques organisateurs a eu pour effet non seulement d'augmenter le temps passé sur le document mais également de diminuer la compréhension globale des étudiants des informations qui leur étaient présentées. Cette tâche pourrait alors induire trop de processus incidents néfastes à l'apprentissage. De plus, ces effets négatifs peuvent être dus au grand nombre des graphiques organisateurs utilisés dans l'étude. En effet, cela a pu empêcher les étudiants d'accéder à une représentation unique et globale de l'ensemble des informations principales du texte ainsi que de leurs relations.

Une étude plus récente conduite par Ponce et Mayer (2014) apporte également des résultats intéressants sur les effets de la génération partielle d'un graphique organisateur sur l'apprentissage d'étudiants inscrits à l'université. Dans leur étude, les participants étaient aléatoirement répartis dans un des cinq groupes suivants (voir Figure 16) :

- texte seul ;
- groupe « mise en saillance » : lecture du texte avec les éléments clés mis en rouge ;
- groupe « mise en saillance auto-générée » : lecture du texte avec un outil d'édition permettant de changer la couleur de certaines informations ;
- groupe « graphique organisateur donné » : lecture du texte accompagné d'un graphique organisateur complété ;
- groupe « graphique organisateur auto-généré » : lecture du texte avec un outil d'édition permettant aux étudiants de compléter le squelette d'un graphique organisateur.

Le matériel d'apprentissage utilisé dans cette étude correspondait à un texte relativement court de 123 mots portant sur les bateaux à vapeur et comparant deux types de bateaux à travers plusieurs dimensions. Suite à la phase d'apprentissage, les étudiants devaient répondre à un test de mémorisation du texte en retrouvant certaines informations manquantes dans un paragraphe (texte à trous) puis à un test de résumé visant à mesurer leur compréhension du document.



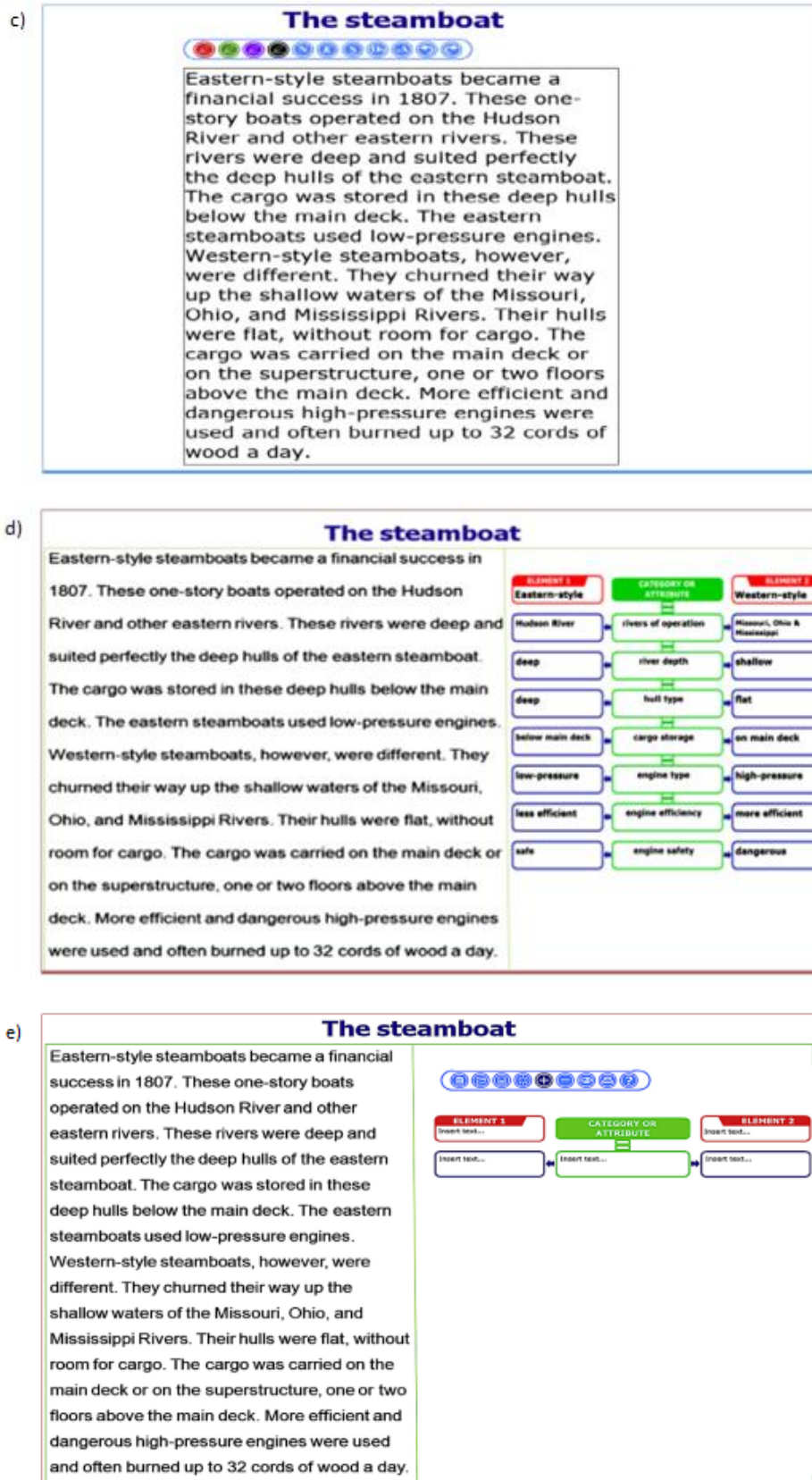


Figure 16. Aperçu des conditions a) « texte seul », b) « mise en saillance », c) « mise en saillance auto-générée », d) « graphique organisateur » et e) « graphique organisateur auto-généré » dans l'étude de Ponce et Mayer (2014, p.22-25).

Les résultats de l'étude montre que toutes les aides ajoutées au texte ont amélioré les performances des étudiants au test de mémorisation des informations face au groupe contrôle. L'ajout d'un graphique organisateur (donné ou bien a complété) a significativement amélioré les performances des étudiants comparativement au groupe contrôle ne recevant que le texte au test de mémorisation des informations (50.92% de réponses correctes à ce test pour le groupe « graphique organisateur donné », 63.62% de réponses correctes pour le groupe « graphique organisateur auto-généré », 32.23% de réponses correctes dans le groupe texte seul) ainsi qu'au test de compréhension (49.11% de réponses correctes en condition graphique organisateur donné, 59.44% en condition graphique auto-généré, 29.89% en condition texte seul). En outre, les étudiants des deux groupes graphiques organisateurs sont ceux qui ont obtenu les meilleures performances au test de compréhension, leurs scores étant significativement plus élevés que ceux des trois autres groupes de l'étude.

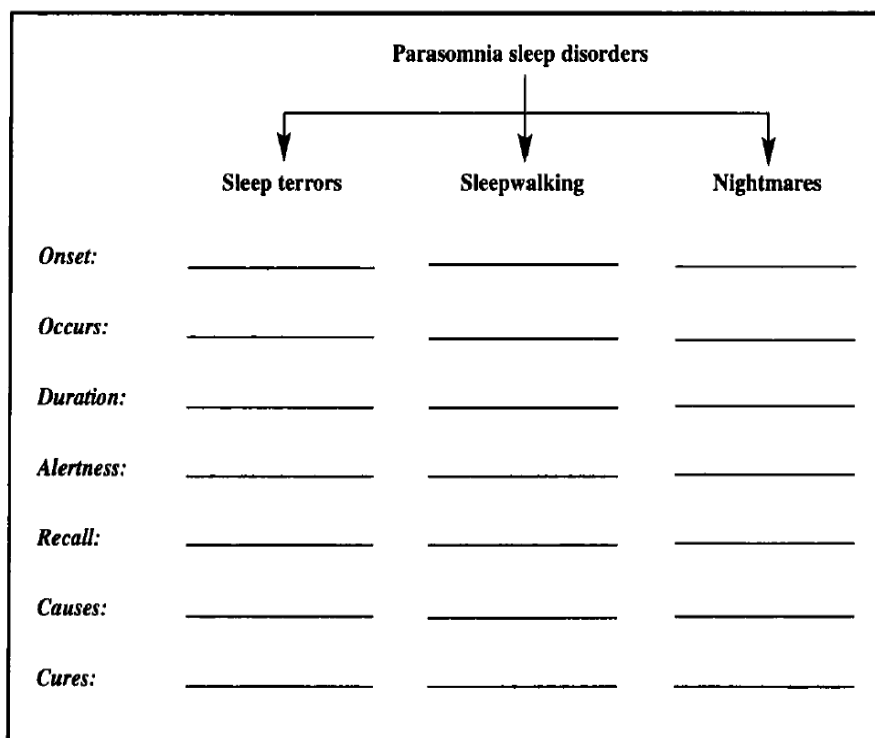
Le graphique organisateur fourni a donc permis de faciliter la comparaison des différents bateaux présentés en organisant les informations entre elles et en mettant en évidence la structure du texte. Enfin, en accord avec l'hypothèse « *d'interactivité* » des auteurs, les étudiants qui ont été actifs dans leur apprentissage en complétant les boîtes vides du graphique organisateur ont obtenu des scores significativement plus élevés au test de mémorisation que ceux ayant reçu le graphique organisateur déjà complété (50.92% de réponses correcte en condition graphique organisateur donné versus 63.62% en condition graphique auto-généré). Contrairement aux résultats obtenus dans la série d'études de Stull et Mayer (2007) précédemment décrite, les résultats de cette étude montrent des effets bénéfiques de l'auto-génération sur l'apprentissage, ainsi que de la supériorité d'une condition « active » (graphique auto-généré) face à une condition apparemment « passive » (graphique donné). Ainsi, ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de génération.

2.3. La comparaison de différents types d'aides visuelles

Une étude intéressante menée par Katayama et Robinson (2000) a étudié les effets du type d'aide visuelle (graphique organisateur ou plan) ainsi que du niveau de quantité d'informations que celles-ci présentaient (incomplet (squelette), partiel ou complet) sur les performances d'apprentissage d'étudiants. Ces deux variables étant

manipulées conjointement, six groupes composaient l'étude. Les étudiants avaient pour consigne de lire un chapitre portant sur six différents troubles du sommeil (environ 3500 mots) pendant 40 minutes accompagné de différents types d'aides visuelles. Dans le cas d'aides visuelles incomplètes (squelettes) ainsi que partielles, les étudiants devaient également compléter les aides lors de leur lecture du document. Voici ci-dessous, un exemple de graphique organisateur incomplet, partiel et complet utilisés dans cette étude (voir Figure 17).

Suite à cette première phase, les étudiants avaient de nouveau 40 minutes pour relire les informations et compléter leurs notes. À la fin de cette seconde lecture, les étudiants rendaient leurs documents et revenaient deux jours plus tard. Ils pouvaient alors continuer leur activité pendant 40 minutes puis rendre leurs documents. Deux jours plus tard, les étudiants retrouvaient leurs documents et avaient 10 minutes pour réviser les informations. Ils répondaient ensuite à un questionnaire d'apprentissage.



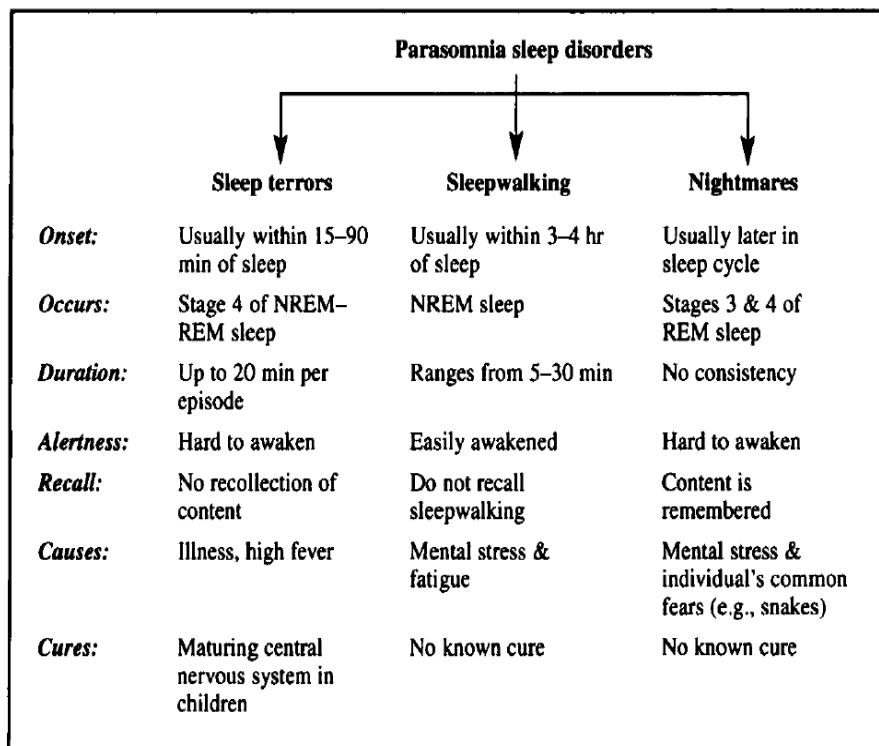
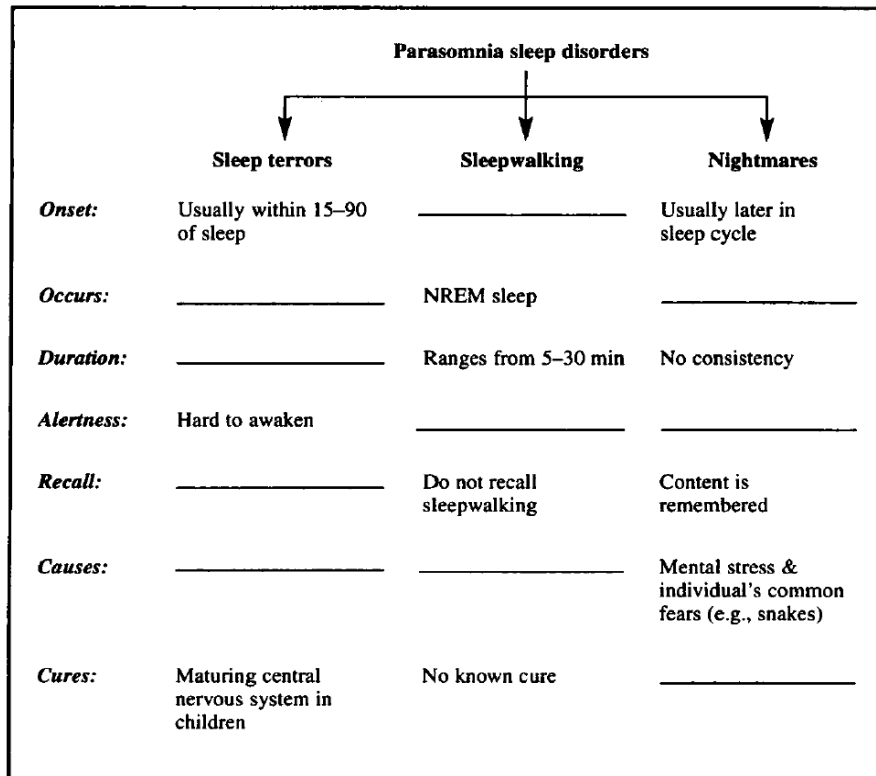


Figure 17. Graphiques organisateurs incomplet, partiel et complet utilisés dans l'étude de Katayama et Robinson (2000, p.121, 123, 125).

Les analyses statistiques réalisées révèlent que ni le type d'aides visuelles (graphique organisateur versus plan) ni la quantité d'informations présentées sur ces aides (incomplet, partiel, complet) n'a eu d'influence significative sur les scores des étudiants au test de mémorisation des informations. De la même façon, l'interaction de ces deux variables n'était pas significative. Toutefois, un effet significatif du type d'aides visuelles accompagnant le texte ainsi qu'un effet significatif de la quantité d'informations présentées dans ces aides visuelles ont été observés au questionnaire de compréhension des informations. En effet, il apparaît que les participants ayant étudié le texte accompagné de graphiques organisateurs ont obtenu des scores significativement plus élevés que ceux qui étudiaient le texte accompagné de plans. En outre, les étudiants ayant reçu les aides visuelles partielles ont obtenu 84.30% de réponses correctes au test de compréhension mesurant la capacité des étudiants à appliquer les connaissances issues du texte à de nouveaux exemples tandis que les étudiants ayant reçus des aides visuelles complètes ont obtenu 66.80% de réponses correctes. Contrairement aux résultats obtenus dans l'étude de Stull et Mayer (2007), ici les aides visuelles complètes se sont avérées moins efficaces que des aides visuelles partielles. Les auteurs expliquent cet effet bénéfique des aides visuelles partielles par l'effet d'encodage. En effet, les étudiants seraient davantage engagés dans le traitement des informations du texte dans ces conditions. Cela renvoie aux processus génératifs impliqués dans la compréhension de texte décrit dans les modèles de l'apprentissage que sont la sélection, l'organisation et l'intégration des informations (cf Mayer, 2014a ; Wittrock, 1989). Ces données rejoignent alors les résultats obtenus dans l'étude de Ponce et Mayer (2014), montrant que le fait de fournir une aide visuelle complète aux apprenants est moins bénéfique à leur performance d'apprentissage qu'une consigne d'auto-génération partielle d'une aide visuelle.

L'ensemble des résultats de ces études illustre les effets contrastés de l'auto-génération d'aides visuelles (plans et graphiques organisateurs) rapportés dans la littérature sur les performances d'apprentissage des apprenants. Si l'ajout de plans et de graphiques organisateurs s'avère bénéfique aux performances d'apprentissage des apprenants (voir Chapitre 2), les effets de génération de ces aides sont beaucoup plus difficiles à distinguer. En effet, tandis que certaines études montrent

des effets négatifs de l'auto-génération d'aides visuelles sur la compréhension des informations, allant dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive (e.g., Fiorella & Mayer, 2017 ; Schmidgall, Eitel, & Scheiter, 2016 ; Stull & Mayer, 2007), d'autres rapportent des effets positifs soutenant l'hypothèse de génération (e.g., Ponce & Mayer, 2014). De plus, les effets positifs de l'auto-génération d'aides visuelles pourraient être plus susceptibles d'apparaître dans certaines conditions spécifiques. Par exemple, lorsque la génération de l'aide visuelle par les apprenants est partielle, des bénéfices sont observés sur l'apprentissage comparativement à une génération complète (e.g., Katayama & Robinson, 2000).

Finalement, peu d'études rendent compte des effets de la génération d'aides visuelles sur l'apprentissage en comparant un groupe où l'aide visuelle est donnée à un groupe où celle-ci est auto-générée et des biais sont parfois observés dans ces études. Par conséquent, de nouveaux travaux sont nécessaires afin d'étudier plus précisément les effets de l'auto-génération sur différentes mesures d'apprentissage. À cet effet, la série d'études présentée dans la partie expérimentale suivante vise à étudier ces effets à travers la mise en place de conditions expérimentales spécifiques.

Partie II – Partie Expérimentale

PRÉAMBULE

Création du matériel expérimental

1. Choix du thème

Les études de psychologie cognitives menées au sein du laboratoire LP3C (Laboratoire de Psychologie : Cognition, Communication, Comportements) de l'Université Rennes 2 sont réalisées avec les étudiants de licence 1 et de licence 2 de psychologie. Plus précisément, les étudiants de licence 1 sont recrutés lors du premier semestre de l'année universitaire tandis que les étudiants de licence 2 sont recrutés lors du second semestre.

L'objectif de cette thèse étant d'optimiser l'apprentissage des étudiants, il était nécessaire de construire un document pédagogique à partir duquel l'apprentissage serait étudié. Aussi, il a été choisi dans le cadre de cette thèse de construire un document d'apprentissage s'inscrivant dans le thème de la psychologie afin de susciter l'intérêt des étudiants participant à l'étude. En outre, nous avons souhaité élaborer un document pédagogique sur un thème que les étudiants allaient étudier dans le cadre de leur cursus universitaire afin qu'ils s'investissent davantage dans l'apprentissage et que celui-ci puisse leur être utile ultérieurement. Il était toutefois nécessaire que ce thème n'ait pas encore été vu afin que les étudiants soient tous des apprenants novices ayant peu de connaissances préalables. L'ensemble de ces critères nous a conduits à étudier les cours du second semestre de la licence 2 ainsi que ceux du tronc commun de la licence 3. Nous avons choisi le thème de la mémoire, vu au cours du second semestre de la licence 2. Ce thème, très vaste, nous permettait de construire un matériel pédagogique dense, composé à la fois de textes et d'images, et présentant les différents types de mémoires ainsi que leurs sous-composantes respectives.

2. Création du contenu pédagogique

Trois mois ont été consacrés à l'élaboration du document pédagogique pour la réalisation des études expérimentales de cette thèse. Afin de créer le contenu pédagogique du document multimédia, nous avons consulté plusieurs ouvrages de

Psychologie cognitive : *Psychologie cognitive : cours et exercices* (Lieury, 2004), *Psychologie de la mémoire : histoire, théories, expériences* (Lieury, 2005), *Manuel visuel de Psychologie cognitive* (Lieury, 2011, 2015), *Introduction à la psychologie cognitive* (Lieury, 2014), *Mémoire et réussite scolaire* (Lieury, 2012), *Le livre de la mémoire* (Lieury, 2013), *La mémoire du cerveau à l'école* (Lieury, 1993). Nous nous sommes également intéressés à plusieurs articles scientifiques décrivant les différents systèmes de mémoires (Gisquet-Verrier, 2006 ; Baddeley, 2002, 2003, 2007 ; Squire, 2004). En outre, nous avons recherché des informations sur le site libre de droit « *lecerveau.mcgill.ca* » de l'Université McGill du Canada afin de créer le document multimédia.

À partir de l'ensemble de ces informations, nous avons réalisé un premier document pédagogique de 3275 mots. Un travail conséquent a été réalisé afin de réduire la quantité d'informations présentée dans le texte et ainsi de simplifier l'ensemble des informations en vue d'alléger la tâche d'apprentissage.

Au total, le document se composait de 12 diapositives (voir Tableau 4 et Annexe 3) :

- Diapositive 1 : Titre du document (La mémoire)
- Diapositive 2 : Consigne d'apprentissage.

Ce document va vous présenter les différents types de mémoire, leur fonctionnement ainsi que l'ensemble de leurs sous-systèmes.

Vous pouvez naviguer au sein de la présentation en cliquant sur le bouton précédent et suivant.

À la fin de la lecture du document, vous devrez compléter un questionnaire d'apprentissage portant sur les informations de ce cours.

- Vous devez donc apprendre les informations présentées comme vous le feriez pour un cours classique afin de pouvoir répondre au questionnaire

- Pour chaque diapositive, assurez-vous de bien avoir retenu et compris les concepts présentés.

- Diapositives 3 à 11 : Contenu pédagogique. Excepté la première diapositive d'introduction sur la mémoire, chacune des diapositives présentant les informations à apprendre était composée d'un texte compris entre 150 et 200 mots ainsi que d'une image. Les images du document correspondaient à une représentation schématique du cerveau illustrant la localisation cérébrale des structures mnésiques présentées dans le document. Chaque image du document est libre de droit.

Tableau 4. Description des diapositives de contenu du document multimédia.

Diapositive	Contenu de la diapositive	Image	Nombre de mot
3	La mémoire	Lobes cérébraux	105
4	Mémoires sensorielles	Aires sensorielles	171
5	Mémoire à court terme	Lobe préfrontal	159
6	Mémoire de travail	Aire identifiée pour la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial	153
7	Mémoire à long terme, mémoire déclarative	MLT : lobe temporal	190
8	Mémoire sémantique	MLT : lobe temporal	173
9	Mémoire épisodique	Hippocampe	166
10	Mémoire non déclarative, mémoire procédurale	Cervelet	190
11	Mémoire émotionnelle	Amygdale cérébrale	193
			1500 mots

- Diapositive 12 : Consigne de fin, voir Annexe 3.

Le document est désormais terminé.

Assurez-vous d'avoir bien retenu et compris les différentes informations présentées dans ce document avant de cliquer sur le bouton « Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage ».

Vous pouvez revoir les informations présentées en cliquant sur le bouton « accéder à la page précédente » ainsi que sur le bouton « précédent » des autres diapositives.

Dès que vous aurez cliqué sur le bouton « Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage », vous ne pourrez plus revenir sur ce diaporama.

3. Création des aides visuelles

À partir du document multimédia créé, nous avons construit deux aides visuelles. La première de ces aides correspondait à un graphique organisateur regroupant l'ensemble des informations essentielles présentées dans le diaporama (macrostructure). Ce graphique organisateur permettait donc de regrouper, sous la

forme d'une structure hiérarchique à trois niveaux, les différents types de mémoires ainsi que leurs sous-composantes présentées dans le document.

Au total, le graphique était constitué de 21 flèches et de 21 boîtes présentant les informations du document :

- 3 boîtes au premier niveau : mémoire sensorielle, mémoire immédiate, mémoire à long terme ;
- 9 boîtes au deuxième niveau : mémoire iconique, mémoire échoïque, mémoire olfactive, mémoire gustative, mémoire tactile, mémoire à court terme, mémoire de travail, mémoire déclarative, mémoire non déclarative ;
- 9 boîtes au troisième niveau : chunks, empan mnésique, boucle phonologique, calepin visuo-spatial, administrateur central, mémoire sémantique, mémoire épisodique, mémoire procédurale, mémoire émotionnelle.

Le graphique organisateur ainsi construit est présenté dans la Figure 18.

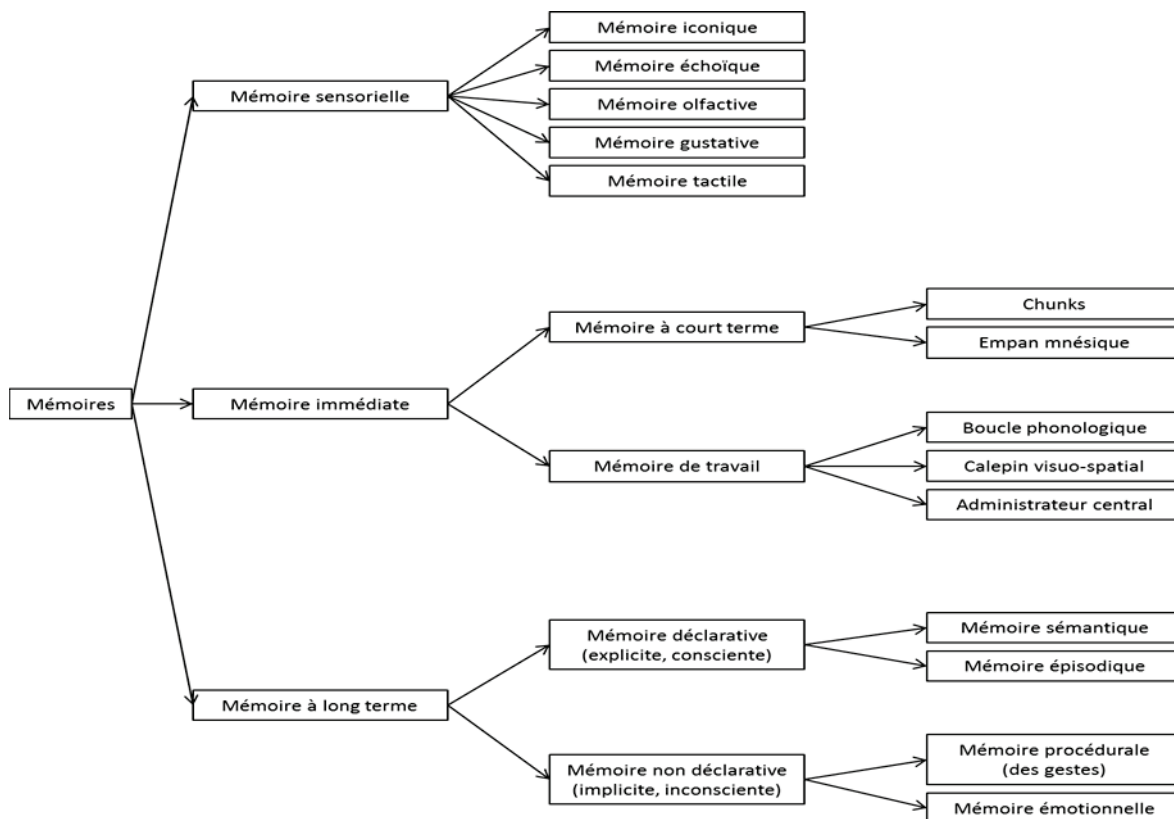


Figure 18. Graphique organisateur créé regroupant les informations essentielles du diaporama.

La seconde aide visuelle que nous avons construit pour les études expérimentales de cette thèse correspond à un plan des informations présentées dans le diaporama. Il s'agit donc de la transformation de la structure visuelle spatiale créée (graphique organisateur) en une structure visuelle linéaire.

Le plan ainsi construit est présenté dans la Figure 19.

Les mémoires :

1. La mémoire sensorielle
 - 1.1. La mémoire iconique
 - 1.2. La mémoire échoïque
 - 1.3. La mémoire olfactive
 - 1.4. La mémoire gustative
 - 1.5. La mémoire tactile

2. La mémoire immédiate
 - 2.1. La mémoire à court terme
 - 2.1.1. Les chunks
 - 2.1.2. L'empan mnésique
 - 2.2. La mémoire de travail
 - 2.2.1. La boucle phonologique
 - 2.2.2. Le calepin visuo-spatial
 - 2.2.3. L'administrateur central

3. La mémoire à long terme
 - 3.1. La mémoire déclarative (explicite, consciente)
 - 3.1.1. La mémoire sémantique
 - 3.1.2. La mémoire épisodique
 - 3.2. La mémoire non déclarative (implicite, inconsciente)
 - 3.2.1. La mémoire procédurale (des gestes)
 - 3.2.2. La mémoire émotionnelle

Figure 19. Plan créé regroupant les informations essentielles du diaporama.

4. Création du questionnaire d'apprentissage

Plusieurs questions ouvertes ont été rédigées pour chaque diapositive du document multimédia. Au total, 117 questions ont été élaborées. Ces questions ont été relues par trois personnes ayant vu le document. Les questions redondantes, trop simples et trop difficiles ont été retirées du questionnaire. De la même façon, les questions portant à confusion sur la réponse à apporter ont été retirées du questionnaire d'apprentissage. Au total, 72 questions ont été retirées du questionnaire d'apprentissage. Cela a permis d'alléger le questionnaire tout en conservant différentes catégories de questions et en évitant de rendre la complétion de ce questionnaire trop chronophage pour l'étude.

Le questionnaire final était donc composé de 45 questions réparties dans plusieurs catégories (voir Annexes 11 et 12) :

- 39 questions de **mémorisation** :
 - Portant sur les **informations représentées au sein de l'aide visuelle** :
 - 12 questions ouvertes sur la macrostructure : informations essentielles du document données dans les boîtes du graphique organisateur ou dans les titres et sous-titres du plan (e.g., *L'ensemble de nos savoir-faire et compétences motrices est stocké dans quel type de mémoire ? Soyez précis*).
 - 7 questions ouvertes sur les relations hiérarchiques entretenues entre les informations : informations données par les flèches du graphique organisateur ou les indentations du plan (e.g., *Combien de mémoires non déclaratives existe-t-il ?*).
 - Portant sur les **informations non représentées au sein de l'aide visuelle** :
 - 12 questions ouvertes sur la microstructure : informations de second ordre, liées au détail des informations fournies dans le document (e.g., *Pendant combien de temps l'information est stockée en moyenne en mémoire à court terme ?*)
 - 8 questions à choix multiples sur les illustrations (e.g., *Dans l'image ci-dessous quel numéro fait référence à l'amygdale ? 1, 2, 3, 4 ou Je ne sais pas*)

- 6 Questions de **transfert des connaissances** :
 - Résolution de problèmes où l'étudiant doit appliquer ce qui vient d'être appris à partir du document multimédia à des nouvelles situations (e.g., *Suite aux atteintes d'une structure cérébrale, le patient HM n'est plus capable d'accéder à des souvenirs anciens et n'est plus capable d'acquérir de nouvelles connaissances. Toutefois, ses capacités cognitives ainsi que ses connaissances générales sur le monde sont conservées. Quelle mémoire déclarative est atteinte dans le cas du patient HM ?*)

9 personnes volontaires, novices face aux expérimentations qui allaient être mises en place, ont prétesté l'environnement d'apprentissage. Ces personnes ont consulté le document multimédia et ont indiqué leurs incompréhensions ainsi que les éventuelles améliorations à apporter au document ainsi qu'à la formulation des explications textuelles et des questions du questionnaire d'apprentissage. Elles ont également prétesté les tutoriels vidéos construits pour les études (ceux-ci sont décrits dans la partie suivante). En outre, ces prétests nous ont permis d'estimer le temps moyen nécessaire à la réalisation des études dans leur intégralité, c'est-à-dire en tenant compte du visionnement d'un tutoriel vidéo, la phase d'apprentissage ainsi que la complétion de l'ensemble des questionnaires proposés.

Notation

Chacune des questions du questionnaire d'apprentissage était notée sur un point, les étudiants pouvaient donc obtenir un score maximum de 45 points pour les 45 questions du questionnaire final (12 questions sur la macrostructure, 7 questions sur les relations hiérarchiques, 12 questions sur la microstructure, 8 questions sur les illustrations, 6 questions de transfert de connaissances). Pour les questions à choix multiples portant sur les illustrations, les étudiants avaient, pour chacune des questions, le choix entre 4 propositions dont « je ne sais pas ». Il n'y avait à chaque fois qu'une seule bonne réponse et les étudiants ne pouvaient cocher qu'une seule case. Aucune erreur n'était pénalisée par l'attribution de points négatifs.

5. Création des tutoriels vidéos

Pour les différents groupes expérimentaux des études de cette thèse, des tutoriels vidéos différents ont été élaborés. Ces tutoriels avaient pour objectif de présenter un document multimédia « type » à partir duquel les étudiants allaient devoir apprendre des informations. Les tutoriels visaient également à montrer explicitement aux étudiants en condition d'auto-génération d'aides visuelles comment utiliser l'outil d'édition mis à leur disposition.

Afin de créer ces différents tutoriels, un document multimédia portant sur le thème de la mitose a été élaboré. Le document multimédia était très court afin que les tutoriels vidéos ne soient pas trop longs à visionner. Le document présenté dans les tutoriels vidéos portait donc sur le thème de la mitose et était constitué de 7 diapositives (voir Annexe 1) :

- Diapositive 1 : Titre du document (La mitose)
- Diapositive 2 : Introduction du document
- Diapositives 3 à 6 : Contenu pédagogique. Chacune des diapositives était composée d'un texte compris entre 40 et 60 mots ainsi que d'une image. Les images du document correspondaient à une représentation schématique d'une cellule et venaient illustrer la phase de la mitose décrite dans la diapositive (voir Figure 20).
- Diapositive 7 : diapositive de fin

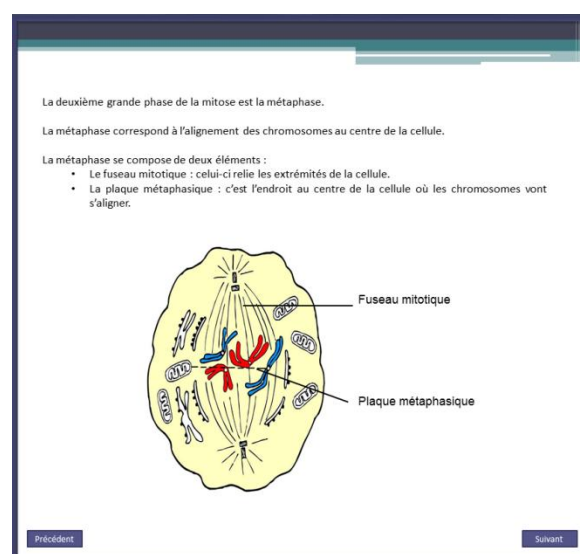


Figure 20. Exemple d'une diapositive du tutoriel vidéo de la condition contrôle.

Dans la mesure où l'objectif de ces tutoriels était de montrer aux étudiants un exemple de document multimédia similaire à celui qu'ils allaient étudier, des consignes orales accompagnaient les diapositives. Voici ci-dessous les consignes qui étaient utilisées pour tous les tutoriels vidéos :

- *Bienvenue, je vais vous montrer dans cette vidéo un exemple de la lecture d'un document d'apprentissage. Après cette vidéo, vous allez vous-même lire un document d'apprentissage composé de textes et de schémas et à la fin de la lecture du document vous devrez répondre à des questions portant sur les informations contenues au sein du document. Vous devrez donc apprendre les informations présentées comme vous le feriez pour un cours classique afin de pouvoir répondre au questionnaire qui suivra la lecture du document.*
- *Vous pourrez naviguer au sein de la présentation en cliquant sur le bouton suivant ainsi que sur le bouton précédent.*
- *Je vais maintenant vous montrer un exemple de document d'apprentissage. Dans cet exemple, je vais vous lire à voix haute les informations présentées.*
- *Lorsqu'une image est présente prenez le temps de la consultez attentivement. Quand vous pensez avoir lu et compris suffisamment les informations présentées et après avoir repéré les éléments essentiels, vous pouvez passer à la diapositive suivante.*

Les tutoriels vidéos créés ont tous été construits à partir du tutoriel vidéo de la condition contrôle. Par exemple, pour les conditions d'auto-génération, de nouvelles consignes orales étaient ajoutées et les diapositives étaient alors accompagnées d'un outil d'édition permettant de créer l'aide visuelle. La création de chaque tutoriel vidéo sera développée dans la partie expérimentale de chaque étude de cette thèse.

CHAPITRE 1

Étude 1 : *Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un graphique organisateur sur l'apprentissage des étudiants*²

1. Introduction

Cette première étude visait à explorer les effets d'une consigne de génération sur l'apprentissage des étudiants. En effet, les effets de génération rapportés dans la littérature démontrent des résultats contrastés, allant parfois dans le sens d'une hypothèse de génération et parfois dans celui d'une hypothèse de charge cognitive (voir Cadre théorique, Chapitre 3). L'effet de génération a été étudié ici en demandant explicitement aux étudiants de s'engager activement dans une tâche de génération, à savoir la création d'un graphique organisateur. En s'appuyant sur les travaux réalisés par Stull et Mayer en 2007, notre étude avait pour objectif d'examiner les effets sur les performances d'apprentissage des étudiants de l'étude d'un document multimédia avec la présence d'un graphique organisateur fourni par l'auteur (*author-provided graphic organizer*) ou bien auto-généré par l'étudiant au cours de sa lecture. Contrairement à Stull et Mayer (2007), le matériel utilisé dans cette étude ne comportait qu'un seul graphique organisateur (soit donné, soit auto-généré). Ce choix a été fait non seulement dans le but d'alléger la tâche de génération à réaliser par les étudiants pendant la lecture du document mais aussi afin de permettre une vue d'ensemble du document dans un seul et même graphique organisateur.

En outre, tout comme dans l'étude de Robinson et Kiewra de 1995, nous avons tenté de mesurer avec précision les performances d'apprentissage des étudiants en utilisant plusieurs mesures variées : mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure et relations hiérarchiques), mémorisation des informations non représentées dans le graphique (microstructure et illustrations) et transfert de connaissances. Une majorité d'études utilisent des tests de mémorisation comprenant seulement des questions sur les

² Colliot, T., & Jamet, É. (2018). Does self-generating a graphic organizer improve students' learning? *Computers & Education, 126*, 13-22. doi: 10.1016/j.compedu.2018.06.02.8.

informations représentées ou bien des tests de mémorisation généraux où les informations représentées et non représentées ne sont pas distinguées entre elles. Nous avons donc souhaité inclure des questions portant spécifiquement sur la microstructure du texte ainsi que sur les informations illustrées afin d'observer si les effets positifs ou négatifs attendus s'étendent à ces mesures.

La difficulté perçue était également mesurée suite à la consultation du document pédagogique. En effet, la génération d'un graphique organisateur peut être perçue par les étudiants comme étant une tâche trop difficile à réaliser et coûteuse cognitivement. Celle-ci pourrait alors avoir pour effet une diminution des performances d'apprentissage des étudiants.

Cette étude était constituée de quatre groupes au sein desquels tous les étudiants avaient pour tâche d'apprendre un document multimédia portant sur la mémoire humaine et ses différentes composantes. Les étudiants apprenaient ce document dans une des quatre conditions de l'étude : sans aucune aide (groupe contrôle), avec un graphique organisateur fourni avec le document et présenté de manière statique à côté de celui-ci (groupe « graphique statique »), avec un graphique organisateur faisant apparaître les différents éléments au fur et à mesure de leur présentation dans le document (groupe « graphique séquentiel »), avec un outil d'édition permettant la génération d'un graphique organisateur au cours de leur lecture (groupe « graphique auto-généré »).

2. Hypothèses opérationnelles

Trois questions de recherche ont été formulées pour cette étude.

Tout d'abord, « **La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage ?** ». À partir des travaux de la littérature illustrant les bénéfices des aides visuelles sur les performances d'apprentissage des étudiants (e.g., Kiewra, Kauffman, Robinson, Dubois, & Stanley, 1999 ; McCrudden, Schraw, & Lehman, 2009 ; Robinson & Schraw, 1994), notre hypothèse était que les étudiants visionnant le document multimédia accompagné d'un graphique organisateur (groupe « graphique statique » et « graphique séquentiel ») obtiendraient de meilleures performances d'apprentissage face à ceux visionnant le document multimédia seul (groupe contrôle). En effet, en condition graphique, les processus de sélection et

d'organisation seraient grandement facilités par la présence du graphique organisateur, cela devrait donc avoir pour effet d'améliorer les performances de mémorisation des informations représentées (H1a) ainsi que les performances de transfert (H1b) des étudiants de la condition graphique face à la condition contrôle.

La seconde question était la suivante : « **La présentation séquentielle des informations du graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage des étudiants face à une présentation statique ?** ». Du fait d'un guidage réalisé via la séquentialité de la présentation des informations du graphique organisateur, nous faisons l'hypothèse que ce guidage faciliterait davantage le traitement du document. En augmentant la saillance des informations essentielles apparaissant à l'écran de manière synchrone à la partie de texte concernée, le guidage devrait favoriser le traitement du graphique organisateur. En conséquence, les étudiants du groupe « graphique séquentiel » devraient obtenir de meilleurs scores de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (H2a) ainsi que des meilleurs scores de transfert des connaissances (H2b) comparativement aux étudiants du groupes « graphique statique ».

Troisièmement, concernant les effets de générations (H3), dans la mesure où les données issues de la littérature restent contrastées, deux hypothèses différentes ont été formulées en accord avec les travaux de Stull et Mayer (2007). Aussi, la troisième question était la suivante : « **L'auto-génération d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?** »

L'hypothèse de génération prédit que les étudiants générant un graphique organisateur pendant la lecture du document (groupe « graphique auto-généré ») obtiendraient de meilleures performances de mémorisation que ceux pour qui le graphique organisateur est donné (groupes « graphique statique » et « graphique séquentiel ») pour les informations représentées dans le graphique (macrostructure et relations hiérarchiques) dans la mesure où ces informations seraient plus profondément traitées (H3a) amenant à de meilleurs scores de transfert (H3b). En outre, si les étudiants générant un graphique organisateur traitent l'ensemble du document de manière plus profonde alors leurs scores de mémorisation des informations non représentées dans le graphique devraient également être supérieurs à ceux du groupe « graphique statique » et « graphique séquentiel » (H3c).

Contrairement à cette hypothèse de génération, l'hypothèse de charge cognitive prédit un effet de surcharge des capacités cognitives des étudiants dû à la tâche de génération d'un graphique organisateur. Ainsi, les étudiants du groupe « graphique auto-généré » devraient obtenir de moins bonnes performances au questionnaire d'apprentissage pour la mémorisation des informations représentées (H3a) ainsi que pour le transfert des connaissances (H3b). Si la génération d'un graphique empêche les étudiants de traiter efficacement les informations présentées, ils devraient également avoir de moins bons scores de mémorisation des informations non représentées comparativement aux groupes graphiques donnés (H3c). Une hypothèse complémentaire peut également être formulée concernant l'influence de la charge cognitive induite par la tâche sur l'évaluation de la difficulté perçue par les étudiants. En effet, l'hypothèse de charge cognitive prédit que les étudiants du groupe « graphique auto-généré » devraient rapporter une difficulté perçue plus forte que les deux groupes où le graphique organisateur est donné (H3d).

Concernant les temps d'apprentissage, nous faisons l'hypothèse que les participants étudiant le document multimédia accompagné d'un graphique organisateur (groupe « graphique statique » et « graphique séquentiel ») passeraient plus de temps sur le document que ceux étudiant le document multimédia seul (groupe contrôle), H4a. De plus, dans la mesure où la génération d'un graphique organisateur pendant la lecture du document peut s'avérer chronophage, nous nous attendions à ce que les étudiants du groupe « graphique auto-généré » passent plus de temps sur le document que ceux du groupe « graphique statique » et « graphique séquentiel », H4b.

3. Méthode

3.1. Participants

Des étudiants inscrits en première année de licence de psychologie à l'Université Rennes 2 ont été invités à participer à cette expérience. Au total, 81 étudiants volontaires ont participé à l'étude (67 femmes, 14 hommes, $M = 18.42$ ans, $E.T. = 1.05$). Les étudiants étaient aléatoirement répartis dans une des quatre conditions de l'étude (voir Figure 21).

Les étudiants visionnaient soit le document multimédia seul (groupe contrôle, $n = 20$) ou bien accompagné d'un graphique organisateur mettant en saillance la structure hiérarchique du document. Ce graphique organisateur était présenté soit de manière statique, c'est-à-dire dans son intégralité et pour toute la durée du document (groupe « graphique statique », $n = 22$) ou bien, de manière cumulative, au fur et à mesure que les informations étaient présentées dans le document multimédia (groupe « graphique séquentiel », $n = 19$). Dans le quatrième groupe, il était demandé aux étudiants de générer un graphique organisateur pendant la lecture du document multimédia à l'aide d'un outil d'édition mis à leur disposition (groupe « auto-généré », $n = 20$).

Afin d'évaluer les connaissances antérieures des étudiants sur le thème du document à apprendre, un questionnaire de connaissances préalables était complété par tous les participants de l'étude (voir Annexe 4). Les étudiants obtenant 50% de bonnes réponses ou plus à ce test étaient exclus des analyses réalisées. Dans la mesure où le thème du document (e.g., les différents types de mémoires humaines et leur fonctionnement) ne fait pas partie du programme de licence 1 de psychologie de l'Université Rennes 2, aucun des étudiants n'avait de fortes connaissances préalables sur le sujet (i.e., le score maximum était de 1 sur 8). En conséquence, aucun étudiant n'a été exclu des analyses réalisées.

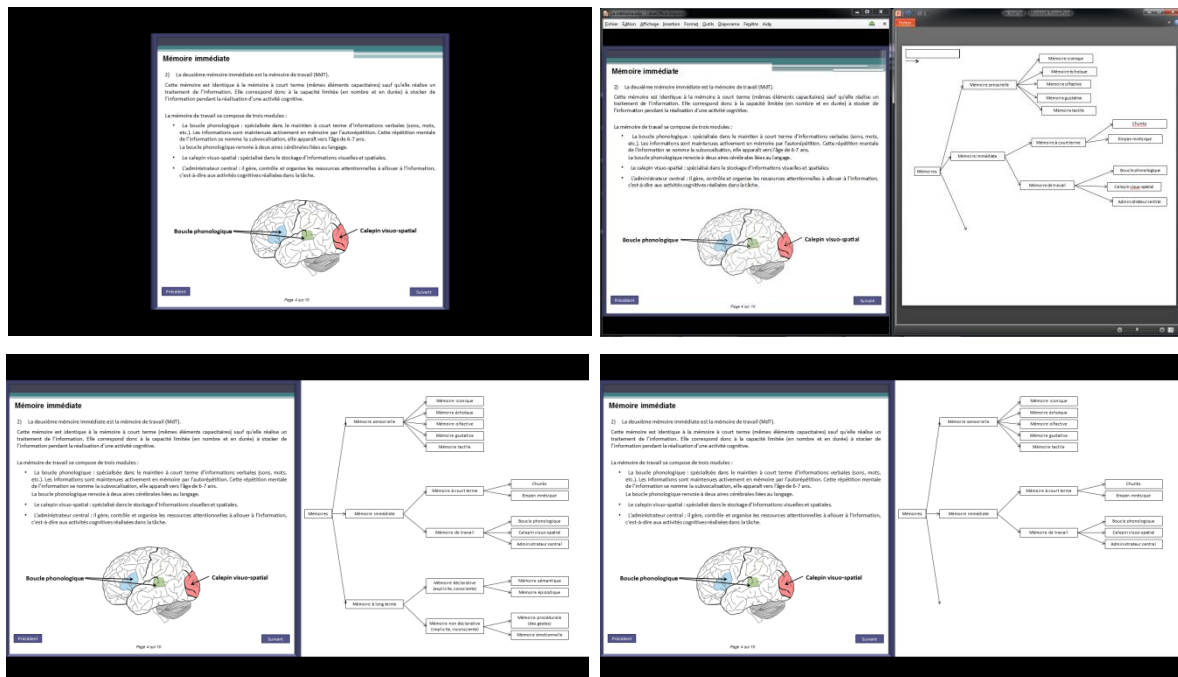


Figure 21. Copies d'écrans des conditions contrôles (en haut à gauche), « graphique auto-généré » (en haut à droite), « graphique statique » (en bas à gauche) et « graphique séquentiel » (en bas à droite).

3.2. Matériel

3.2.1. Tutoriels vidéos

Quatre tutoriels vidéos ont été créés au total, un pour chaque condition. L'objectif du tutoriel vidéo créé pour le groupe « graphique auto-généré » était de montrer aux étudiants comment construire un graphique organisateur (i.e., une structure hiérarchique) à l'aide de l'outil d'édition mis à leur disposition. Au cours de ce tutoriel, les étudiants visionnaient un document multimédia portant sur les différentes phases de la mitose pour lequel un graphique organisateur était construit pendant la lecture du document (voir Annexes 1 et 2). Ce tutoriel durait 4 minutes et 7 secondes. À la fin du visionnement de ce tutoriel, afin de s'assurer que les étudiants aient bien compris comment utiliser l'interface de l'outil d'édition, il leur était demandé de reproduire un graphique organisateur composé de trois boîtes interconnectées avec deux flèches (voir Annexe 6). Cette tâche de recopie durait moins d'une minute. Les trois autres tutoriels vidéos ont été construits à partir du même contenu pédagogique mais celui-ci était soit seul (groupe contrôle, 3 minutes et 27 secondes) ou accompagné d'un graphique organisateur présenté entièrement tout au long du document (groupe « graphique statique », 3 minutes et 32 secondes) ou bien présenté de manière séquentielle au fur et à mesure de l'apparition des éléments dans le graphique organisateur (groupe « graphique séquentiel », 3 minutes et 34 secondes).

3.2.2. Environnements d'apprentissage

Le document d'apprentissage était composé de 12 diapositives : une diapositive d'introduction, une diapositive de consigne, neuf diapositives de contenu et une diapositive finale où les étudiants pouvaient appuyer sur un bouton pour accéder au questionnaire d'apprentissage ou bien sur un autre bouton afin de revoir les diapositives de contenu (voir Annexe 3). Chaque diapositive de contenu était constituée d'un texte explicatif compris entre 150 et 200 mots ainsi que d'une image. Le texte présentait les différents systèmes de mémoire et leur fonctionnement tandis que les images correspondaient à une représentation schématique du cerveau localisant la zone cérébrale associée aux éléments évoqués dans le texte. Le thème de la mémoire a été choisi du fait de son intérêt pour les étudiants inscrits en première année de licence de psychologie dans la mesure où il s'agit d'un cours de

psychologie cognitive vu en 2^{ème} année de licence à l'Université Rennes 2. Au total, le document pédagogique était composé de 1500 mots (diapositives de contenu) et de 9 images.

En fonction de la condition, le document multimédia était soit centré à l'écran (condition contrôle), à la gauche de l'écran avec à la droite un graphique organisateur statique (groupe « graphique statique ») ou séquentiel (groupe « graphique séquentiel »). Dans la condition « graphique auto-généré » le document multimédia, positionné sur la partie gauche de l'écran, était accompagné sur la partie droite de l'écran d'un outil d'édition permettant aux étudiants de générer le graphique organisateur, voir Figure 21.

Le graphique organisateur donné aux étudiants des conditions graphique statique et séquentiel représente la structure hiérarchique du document multimédia en trois niveaux (i.e., diagramme en arbre). Il se compose de 21 informations textuelles. Ces informations renvoient à la macrostructure du document et se répartissent de la façon suivante : 3 informations au niveau 1, 9 au niveau 2 et 9 au niveau 3. De plus, le graphique se compose de 21 liens indiquant les relations hiérarchiques entretenues entre les informations. Ces liens sont représentés dans le graphique par des flèches. Les étudiants du groupe « graphique auto-généré » devaient construire le graphique organisateur en utilisant l'outil d'édition dans lequel des boîtes vides ainsi que des flèches étaient positionnées en haut à gauche de la fenêtre de l'outil. Les étudiants devaient alors cliquer sur les éléments et les glisser-déposer sur la page blanche de l'outil afin de représenter la structure du texte. Ils devaient également écrire l'information de la macrostructure dans les boîtes vides (voir Préambule section 3).

Les étudiants contrôlaient le rythme de lecture du document et pouvaient naviguer librement au sein du document multimédia : un bouton suivant ainsi qu'un bouton précédent étaient présents sur chaque diapositive. Pour la dernière diapositive, les étudiants avaient le choix entre cliquer sur le bouton précédent afin de revoir les informations des diapositives de contenu ou bien cliquer sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* » afin d'accéder au questionnaire.

3.3. Mesures

3.3.1. Questionnaire de connaissances préalables et données démographiques

Un questionnaire de connaissances préalables était à compléter par les participants avant la consultation du document pédagogique. Ce questionnaire visait à évaluer les connaissances préalables des étudiants sur les différents systèmes de mémoire et leur fonctionnement. Celui-ci était constitué de 5 questions ouvertes sur la mémoire (e.g., *Quelle est la valeur de l'empan mnésique de la mémoire à court terme ?*). Les points attribués à chacune de ces cinq questions dépendaient du nombre d'éléments attendus dans la réponse. Au total le score maximum possible était de 8 points. En outre, dans une visée descriptive des étudiants participant à l'étude, des données démographiques étaient également recueillies : âge et genre des étudiants (voir Annexe 4).

3.3.2. Difficulté perçue du document d'apprentissage

À la suite de la consultation du document multimédia, les étudiants complétaient trois items d'évaluation subjective visant à mesurer la difficulté perçue du document d'apprentissage (e.g., *Apprendre avec ce document était difficile*, voir Annexe 9). Ces items étaient présentés sous la forme d'échelles de Likert en 9 points allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 9 « Tout à fait d'accord ». Les items de cette échelle correspondent à une adaptation française de l'item de Paas (1992) ainsi que de ceux utilisés dans d'autres études telles que celle de DeLeeuw et Mayer (2008), Moreno, Reislén, et Ozogul (2010), Moreno et Valdez (2005) et Wijinia, Loyens, van Gog, Derous, et Schmidt (2014). L'alpha de Cronbach pour cette échelle de difficulté perçue était de $\alpha = .871$, indiquant une très bonne fiabilité et consistance interne.

3.3.3. Questionnaire d'apprentissage

Lorsque les participants cliquaient sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* » de la dernière diapositive, le questionnaire apparaissait à l'écran. Le questionnaire d'apprentissage était composé de 45 questions divisées en deux parties distinctes : un questionnaire de mémorisation ainsi qu'un questionnaire de transfert des connaissances.

Le questionnaire de mémorisation était divisé en deux parties (voir Annexes 11 et 12) :

- 19 questions sur la mémorisation des **informations représentées dans le graphique organisateur** :
 - 12 questions ouvertes sur la **macrostructure** du texte (e.g., *L'ensemble de nos savoir-faire et compétences motrices est stocké dans quel type de mémoire ? Soyez précis*).
 - 7 questions ouvertes portant sur les **relations hiérarchiques** entretenues entre les informations (e.g., *En combien de sous-parties se divise la mémoire déclarative ?*).
- 20 questions sur la mémorisation des **informations non représentées au sein du graphique organisateur** :
 - 12 questions ouvertes sur la **microstructure** (e.g., *Vers quel âge apparaît la subvocalisation ?*)
 - 8 questions à choix multiples sur les **illustrations** du document (e.g., *Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'amygdale ? 1, 2, 3, 4 ou je ne sais pas*).

Le questionnaire de transfert des connaissances était composé de 6 problèmes de transfert où les étudiants devaient appliquer les informations qu'ils venaient tout juste d'apprendre dans le document multimédia à de nouvelles situations (e.g., *Suite aux atteintes d'une structure cérébrale, le patient HM n'est plus capable d'accéder à des souvenirs anciens et n'est plus capable d'acquérir de nouvelles connaissances. Toutefois, ses capacités cognitives ainsi que ses connaissances générales sur le monde sont conservées. Quelle mémoire déclarative est atteinte dans le cas du patient HM ?*).

3.3.4. Temps d'apprentissage

Pour chaque participant, un temps d'apprentissage passé sur le document multimédia a été calculé. Ce temps correspond au temps total passé sur le document, à partir du moment où les étudiants commençaient leur lecture du

document jusqu'au moment où ils cliquaient sur le bouton de la diapositive final « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* ».

3.4. Procédure

Les passations ont toutes eu lieu dans une salle du LP3C à l'Université Rennes 2 durant les mois de septembre et octobre 2016. L'étude était décomposée en plusieurs étapes successives. Tout d'abord, le participant était accueilli dans la salle d'expérience puis le déroulement de l'étude lui était présenté. Chaque participant était informé des différentes étapes constituant la passation ainsi que de la durée de celle-ci (environ une heure). Il leur était indiqué qu'ils devraient compléter un questionnaire d'apprentissage portant sur l'ensemble des informations vues au sein du document multimédia suite à sa consultation. Une consigne d'apprentissage explicite leur était donc clairement annoncée. Un formulaire de consentement expliquant les différentes modalités de l'étude était distribué aux participants (voir Annexe 5). Tous les participants ont signé ce formulaire de consentement avant de débiter l'étude. Les participants complétaient ensuite le pré-questionnaire, lequel permettait de déterminer leur niveau d'expertise sur le thème de l'étude et de recueillir des données démographiques les concernant. Chaque participant était aléatoirement réparti dans une des quatre conditions de l'étude et visionnait le tutoriel vidéo correspondant à la condition dans laquelle il avait été assigné. Lorsque l'expérimentateur avait répondu aux questions éventuelles des participants, le logiciel BBFlashback était lancé afin de recueillir le temps total passé sur le document multimédia ainsi que la construction du graphique organisateur en condition graphique auto-généré. Avant de lancer le diaporama, il était rappelé aux étudiants qu'ils devaient essayer de retenir et de comprendre le maximum d'informations du document en vue de répondre au questionnaire d'apprentissage. Les étudiants n'étaient pas autorisés à prendre des notes pendant la phase d'apprentissage. Il leur était également indiqué qu'aucun document n'était autorisé pour répondre au questionnaire d'apprentissage. Lorsque la consultation du diaporama était terminée, les participants devaient compléter le post-questionnaire d'évaluation subjective puis le questionnaire d'apprentissage. Pour ce dernier, ils avaient pour consigne d'essayer de se souvenir du maximum d'informations et de répondre au plus de questions possibles. Les étudiants avaient autant de temps qu'ils le souhaitaient pour

remplir ces deux derniers questionnaires. Chaque étudiant visionnait le document multimédia et complétait les questionnaires de l'étude sur le même ordinateur. En outre, chaque session de test était individuelle. L'étude se clôturait par les questions éventuelles des participants. Enfin, les participants étaient remerciés pour leur participation.

3.5. Analyse des données

Une MANOVA a été réalisée sur les données recueillies suivie par des analyses de variances à partir du logiciel statistique IBM SPSS, puis par des comparaisons planifiées afin de comparer les performances des étudiants sur les variables dépendantes du questionnaire d'apprentissage (score de mémorisation et de transfert des connaissances) ainsi que sur le temps d'apprentissage.

4. Résultats

4.1. Analyses statistiques préliminaires

Chacune des hypothèses de cette étude repose sur des comparaisons planifiées. Une MANOVA suivie d'ANOVA ont tout d'abord été conduites afin de tester l'effet des conditions sur chaque variable dépendante du questionnaire d'apprentissage : mémorisation de la macrostructure (informations essentielles), mémorisation de la microstructure (détails), mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations, mémorisation des informations illustrées et transfert des connaissances (voir Tableau 5). Les résultats obtenus révèlent des différences significatives entre les quatre groupes de l'étude à la fois sur le questionnaire de mémorisation concernant les informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure et relations hiérarchiques) ainsi que sur le questionnaire de transfert des connaissances.

La MANOVA réalisée sur l'ensemble des catégories du questionnaire d'apprentissage montre des différences significatives entre les quatre groupes de l'étude, Lambda de Wilks = 2.031, $p = .015$.

Tableau 5. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.

	Contrôle	Statique	Séquentiel	Auto-généré	F	p	η^2
Questionnaire de mémorisation							
Informations représentées	4.80 (2.20)	7.75 (2.97)	7.45 (2.86)	5.85 (3.20)	4.878	.004	.160
Relations hiérarchiques /7	4.50 (1.76)	6.09 (1.23)	6.11 (0.99)	5.25 (1.37)	6.381	.001	.199
Informations représentées non	5.60 (2.11)	6.77 (2.71)	6.58 (3.08)	6.00 (2.15)	.917	.437	.034
Illustrations /8	5.40 (2.19)	5.45 (1.74)	5.79 (1.87)	4.90 (1.21)	.829	.482	.031
Questionnaire de transfert /6	1.30 (1.25)	2.18 (1.47)	2.37 (1.79)	1.13 (1.37)	3.574	.018	.122
Difficulté perçue	4.35 (1.84)	3.24 (1.70)	3.61 (1.89)	3.93 (1.68)	1.462	.231	.054
Temps d'apprentissage (min)	20.57 (5.20)	26.71 (12.01)	24.85 (10.20)	31.75 (7.55)	4.978	.003	.170

4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage ?

Des comparaisons planifiées ont été réalisées entre le groupe contrôle et les deux groupes où le graphique organisateur était donné avec le document multimédia (groupe « graphique statique » et groupe « graphique séquentiel »). Nos premières hypothèses postulaient que les étudiants pour lesquels le document multimédia était accompagné d'un graphique organisateur obtiendraient de meilleures performances au questionnaire d'apprentissage concernant la mémorisation des informations représentées au sein du graphique. Les résultats obtenus indiquent, en effet, que les étudiants des groupes où le graphique est donné obtiennent de meilleures performances de mémorisation des informations représentées (macrostructure, $t(77) = 4.176$, $p < .001$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 3.711$, $p = .001$) face à ceux du groupe contrôle, allant dans le sens de l'hypothèse H1a, voir Figure 22. En accord avec l'hypothèse H1b, les analyses réalisées révèlent une différence significative au questionnaire de transfert des connaissances entre le groupe contrôle et les deux groupes ayant un graphique organisateur, en faveur de ces derniers ($t(77) = 2.561$, $p = .014$), voir Tableau 5. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes aux questions de mémorisation des informations non représentées : microstructure ($t(77) = 1.638$, $p = .108$) et informations illustrées ($t(77) = .393$, $p = .697$).

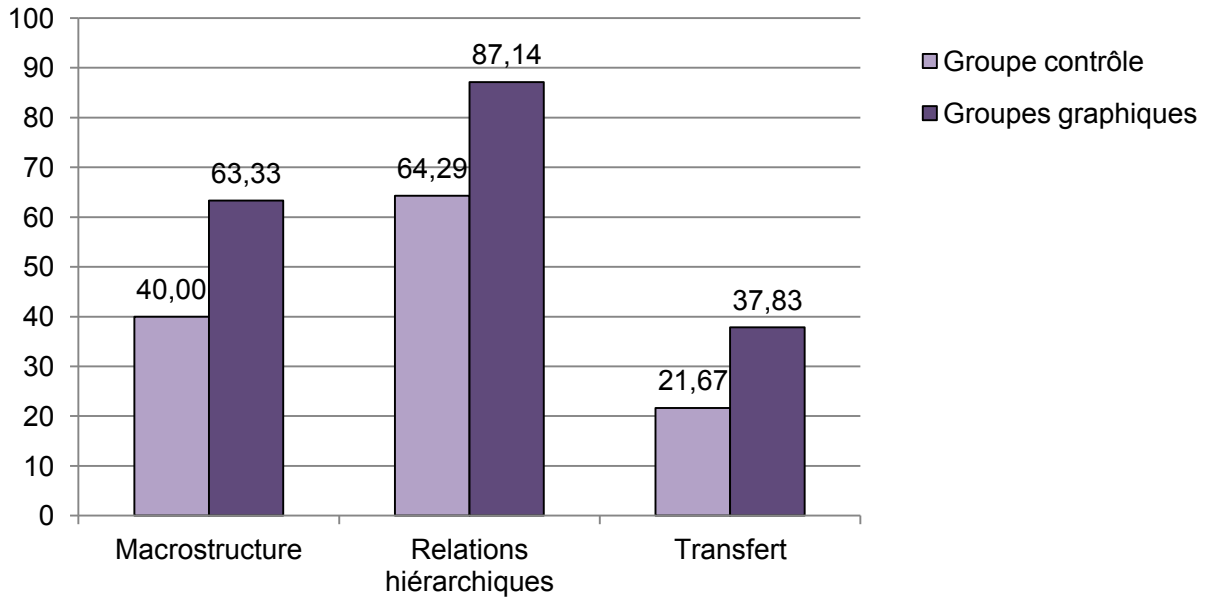


Figure 22. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et les groupes graphiques (statique et séquentiel) aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances.

4.3. La présentation séquentielle des informations du graphique organisateur améliore-t-elle l'apprentissage des étudiants face à une présentation statique ?

Contrairement à nos hypothèses H2a et H2b, les comparaisons planifiées réalisées entre le groupe « graphique statique » et le groupe « graphique séquentiel » ne révèlent aucun effet bénéfique de la séquentialité statistiquement significatif sur l'apprentissage des étudiants. En effet, aucune différence n'est obtenue entre les deux groupes aux scores de mémorisation des informations représentées (macrostructure $t(77) = .332$, $p = .742$, et relations hiérarchiques, $t(77) = .041$, $p = .967$) ainsi qu'au test de transfert des connaissances $t(77) = .361$, $p = .720$, voir Figure 23. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes aux questions de mémorisation des informations non représentées : microstructure ($t(77) = .212$, $p = .833$) et informations illustrées ($t(77) = .590$, $p = .559$).

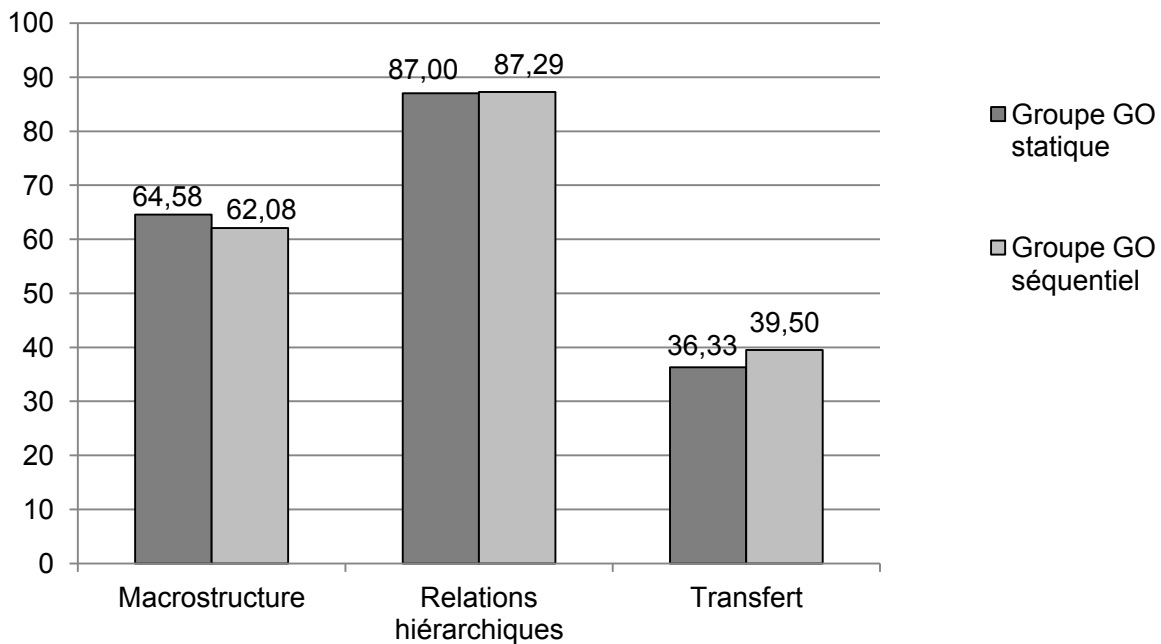


Figure 23. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique statique » et le groupe « graphique séquentiel » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances.

4.4. L'auto-génération d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?

Les comparaisons planifiées réalisées entre le groupe « graphique auto-généré » et les groupes graphiques donnés (groupe statique et séquentiel) révèlent des différences significatives en termes de performances d'apprentissage en faveur de ces derniers. En effet, les étudiants des groupes graphiques donnés (graphique statique et séquentiel) obtiennent des scores significativement plus élevés que ceux du groupe « auto-généré » au questionnaire de mémorisation des informations représentées : macrostructure, $t(77) = 2.059$, $p = .047$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 2.405$, $p = .022$. En outre, les étudiants du groupe « auto-généré » ont obtenus des scores significativement plus faibles au questionnaire de transfert des connaissances comparativement à ceux ayant un graphique organisateur fourni avec le document multimédia, $t(77) = 2.911$, $p = .006$, voir Figure 24. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive selon laquelle la génération d'un graphique organisateur peut avoir un effet néfaste sur l'apprentissage des étudiants (H3a, H3b).

Contrairement à l'hypothèse de la charge cognitive H3c, aucune différence significative n'a été obtenue entre le groupe « graphique auto-généré » et les groupes graphique donné au questionnaire de mémorisation des informations non représentées dans le graphique organisateur : microstructure $t(77) = 1.019, p = .313$ et illustrations, $t(77) = 1.842, p = .071$. Bien que ces effets négatifs puissent être considérés comme étant la conséquence d'une difficulté excessive de la génération du graphique organisateur, la comparaison planifiée réalisée sur l'échelle de difficulté perçue n'a pas révélée de différence significative entre le groupe « auto-généré » et les deux groupes graphique donné $t(77) = 1.073, p = .290$, réfutant ainsi H3d.

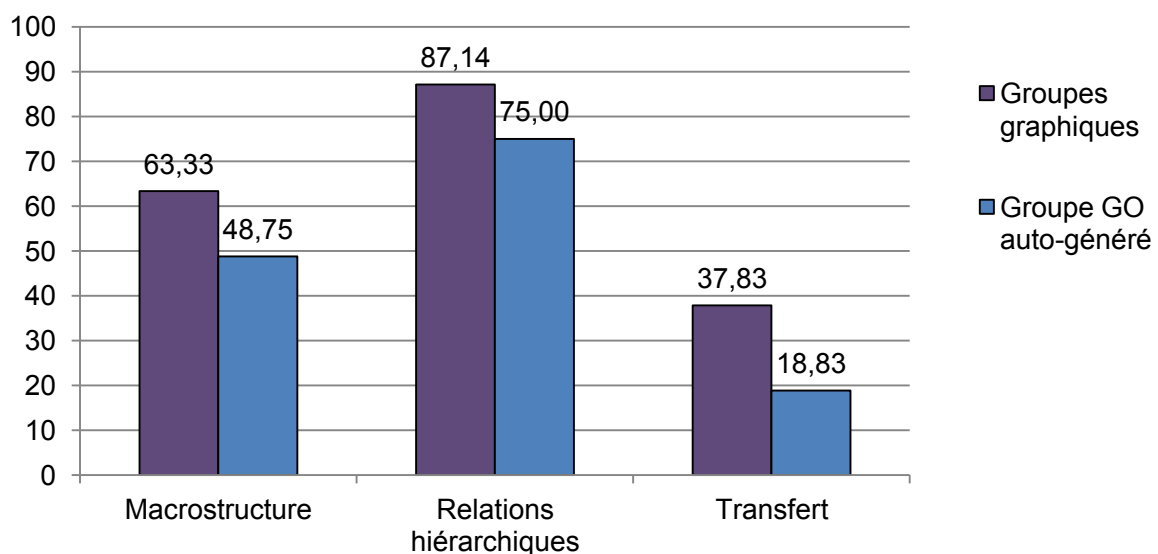


Figure 24. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les groupes graphiques donnés (statique et séquentiel) et le groupe « graphique auto-généré » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

Analyses complémentaires

Des analyses qualitatives complémentaires ont révélé que les graphiques organisateurs générés étaient de très bonne qualité. Il est important de rappeler que les étudiants du groupe « graphique auto-généré » avaient pour tâche de construire un graphique organisateur composé de 3 niveaux avec 21 informations et 21 liens entre les informations. Presque tous les étudiants de ce groupe ont généré un graphique organisateur comprenant les 21 informations (95%, soit 19 étudiants sur 20). Seulement un étudiant a écrit 19 informations liées à la macrostructure du document au lieu de 21. De plus, 17 étudiants (85%) ont parfaitement reproduit la

structure hiérarchique du document multimédia (i.e., même macrostructure et mêmes relations hiérarchiques que dans les groupes où le graphique organisateur était donné). Seulement trois étudiants ont fait des erreurs dans les relations hiérarchiques reliant les informations de la macrostructure entre elles, en plaçant correctement 15, 18 et 20 flèches au lieu de 21.

À titre d'informations, des analyses de contraste complémentaires ont également été réalisées entre le groupe contrôle et le groupe « graphique auto-généré » afin d'évaluer les effets de l'activité de génération sur l'apprentissage. Les résultats indiquent que l'activité de génération n'est ni bénéfique ni néfaste à l'apprentissage des étudiants. En effet, aucune différence significative n'est observée entre le groupe contrôle et le groupe « graphique auto-généré » pour les questions de mémorisation portant sur les informations représentées dans le graphique (macrostructure, $t(77) = 1.209$, $p = .235$, relations hiérarchiques, $t(77) = 1.502$, $p = .142$) et non représentées dans le graphique (microstructure, $t(77) = .593$, $p = .557$, illustrations, $t(77) = .895$, $p = .378$). Aussi, aucune différence n'est observée au test de transfert des connaissances, $t(77) = .428$, $p = .671$.

4.5. Temps d'apprentissage

Dû à des problèmes techniques, le temps d'apprentissage de quatre étudiants n'a pas pu être calculé (1 étudiant du groupe contrôle, 1 étudiant du groupe « graphique statique » et 2 étudiants du groupe « graphique séquentiel »). Les analyses présentées ci-dessous ont donc été réalisées sur un échantillon de 77 étudiants. Les analyses sur le temps total passé à étudier le document révèlent que les étudiants du groupe contrôle ($M = 20,57$) ont passé significativement moins de temps à apprendre le document multimédia face aux étudiants des deux groupes visionnant le document accompagné d'un graphique à l'écran (groupe « graphique statique », $M = 26,71$, et groupe « graphique séquentiel », $M = 24,85$), $t(73) = 2.409$, $p = .019$, allant ainsi dans le sens de l'hypothèse H4a. De plus, comme prédit par l'hypothèse H4b, les étudiants du groupe qui avait pour consigne de générer un graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré », $M = 31,75$) ont passé significativement plus de temps sur le document que ceux visionnant seulement le graphique (groupe graphique statique et séquentiel), $t(73) = 2.415$, $p = .019$.

Pour résumer, bien que les étudiants du groupe « graphique auto-généré » aient produit des graphiques organisateurs de bonne qualité, ces graphiques ne les ont pas amenés à obtenir de meilleures performances d'apprentissage comparativement aux autres groupes de l'étude. Plus précisément, l'activité de génération d'un graphique organisateur pendant la lecture du document multimédia semble avoir nécessité beaucoup de temps et d'efforts de la part des étudiants, diminuant ainsi les performances d'apprentissage des étudiants à la fois au questionnaire de mémorisation des informations (pour les informations représentées dans le graphique organisateur) mais aussi au questionnaire de transfert des connaissances en comparaison à celles des étudiants des deux groupes avec graphique donné.

5. Discussion

Cette étude avait pour objectif de répondre à trois questions de recherche. La première question visait à approfondir nos connaissances actuelles concernant l'influence de la mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur sur les performances d'apprentissage des étudiants. En accord avec la littérature ainsi qu'avec les hypothèses H1a et H1b formulées, un effet positif de l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia a été obtenu sur les performances d'apprentissage des étudiants (e.g., Dee-Lucas & Larkin, 1995; McCrudden, Schraw, & Lehman, 2009; Robinson & Kiewra, 1995; Robinson & Schraw, 1994). En effet, les participants étudiant le document multimédia accompagné d'un graphique organisateur (groupe « graphique statique » et « graphique séquentiel ») ont obtenu des scores significativement plus élevés que ceux du groupe contrôle pour la mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (i.e., macrostructure et relations hiérarchiques) ainsi que pour le transfert des connaissances. Ainsi, l'ajout d'un graphique organisateur représentant la structure hiérarchique du document multimédia a permis de focaliser l'attention des apprenants et de les aider à traiter plus profondément les informations essentielles du texte ainsi que leurs relations hiérarchiques, améliorant ainsi leurs performances d'apprentissage.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés aux influences d'une présentation séquentielle du graphique organisateur face à une présentation statique

sur l'apprentissage des étudiants. Nous faisons alors l'hypothèse d'un effet positif de la séquentialité sur les performances des étudiants comparativement à une présentation statique. Contrairement à nos hypothèses, les performances des étudiants du groupe « graphique séquentiel » n'ont pas été meilleures que celles du groupe « graphique statique ». Ces résultats vont à l'encontre des résultats rapportés dans la littérature témoignant d'une supériorité des présentations séquentielles sur les présentations statiques (e.g., Bétrancourt et al., 2003; Blankenship & Dansereau, 2000; Jamet & Arguel, 2008 ; Weidenmann, Paechter, & Hartmannsgruber, 1999). Le graphique organisateur présenté dans cette étude correspondait à une représentation spatiale de l'ensemble de la structure hiérarchique d'un texte de 1500 mots et ce graphique contenait 21 informations essentielles liées à la macrostructure du texte. De plus, le contrôle du rythme de la présentation était laissé libre aux étudiants. Il est possible que ce graphique organisateur ait été trop simple pour bénéficier d'une présentation séquentielle de son contenu. Cela pourrait alors expliquer l'absence de différence significative obtenue entre le groupe « graphique statique » et le groupe « graphique séquentiel » au questionnaire d'apprentissage. De la même façon, il est également possible que les étudiants de la condition graphique statique aient traité le graphique organisateur de façon séquentielle sans avoir bénéficié du guidage. Cela expliquerait alors l'absence de différence entre ces deux groupes. Cette hypothèse pourrait être vérifiée via l'utilisation d'un oculomètre qui permettrait d'observer la position du regard des étudiants à l'écran tout au long de la phase d'apprentissage. Ainsi, il serait possible d'étudier si le nombre de transitions document-graphique est similaire entre le groupe « graphique statique » et le groupe « graphique séquentiel ». Une autre hypothèse pourrait également être formulée pour expliquer cette absence de différence entre les deux groupes. Il se peut que le guidage de l'attention des étudiants sur le graphique via la présentation séquentielle des éléments de celui-ci ne fût pas assez efficace, c'est-à-dire que la présentation séquentielle n'a peut-être pas suffisamment mis en saillance les éléments du graphique. Une mise en saillance plus importante (i.e., séquentialité et changement de mise en forme des éléments au fur et à mesure de leur présentation (mise en gras, changement de couleur, etc.)) pourrait alors être utilisée dans de futures études.

La troisième question concernait les effets sur l'apprentissage de l'auto-génération d'un graphique organisateur pendant l'étude d'un document multimédia. Tout d'abord, il apparaît que les étudiants en condition « graphique auto-généré » passaient plus de temps sur le document d'apprentissage que ceux en condition « graphique statique » ou « graphique séquentiel ». En outre, les résultats de cette étude montrent des effets négatifs de la génération d'un graphique organisateur. Contrairement à l'hypothèse de génération, les étudiants du groupe « graphique auto-généré » sont ceux qui ont obtenu les scores les plus faibles au questionnaire de transfert des connaissances et leurs scores étaient significativement différents de ceux obtenus par les étudiants pour qui un graphique organisateur était donné avec le document multimédia (groupe statique et séquentiel). Ces étudiants ont également obtenu de moins bonnes performances que ceux des groupes graphiques donnés au questionnaire de mémorisation des informations représentées au sein du graphique organisateur (macrostructure et relations hiérarchiques). En outre, bien que la construction du graphique organisateur n'ait pas influencé leur mémorisation des informations non représentées dans le graphique organisateur (microstructure et illustrations), cela a significativement diminué leur compréhension globale du document, comme en témoignent les performances obtenues au questionnaire de transfert des connaissances reflétant leur habileté à transférer ce qu'ils venaient tout juste d'apprendre à de nouvelles situations.

Malgré ces résultats négatifs obtenus au questionnaire d'apprentissage, aucune différence significative n'a été obtenue à l'échelle d'évaluation subjective de la difficulté perçue du document. Dans la mesure où les étudiants contrôlaient le rythme du document, il est possible qu'ils aient ralenti leur traitement de l'information pour réduire la charge cognitive du document. Bien que les étudiants n'aient pas perçu la tâche de génération comme étant difficile, celle-ci semble avoir nécessité une quantité importante de leurs ressources cognitives. L'effet négatif de la génération sur l'efficacité des étudiants ainsi que sur leurs performances d'apprentissage va à l'encontre de l'hypothèse de génération selon laquelle engager l'étudiant dans un apprentissage actif induit des processus de génération et améliore ses performances (Stull & Mayer, 2007). Nos résultats ont révélé que le fait de voir un graphique organisateur à l'écran plutôt que de le générer soi-même augmente la mémorisation des informations représentées. Ces résultats vont alors dans le sens des résultats obtenus dans la série d'études réalisée par Stull et Mayer en 2007. Ces

auteurs montrent également que les étudiants générant des graphiques organisateurs passent plus de temps sur le document d'apprentissage et obtiennent des performances de transfert des connaissances plus faibles face aux étudiants pour qui le graphique était donné.

Aussi, notre étude permet d'étendre les résultats de Stull et Mayer grâce aux différentes mesures d'apprentissage réalisées. En effet, ici, la tâche de génération a eu un effet négatif à la fois sur le transfert des connaissances ainsi que sur la mémorisation des informations représentées, toutefois celle-ci n'a pas eu d'effet sur la mémorisation des informations non représentées dans le graphique organisateur. Par conséquent, les résultats de cette étude vont dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive selon laquelle la génération d'un graphique organisateur empêche le traitement profond des informations présentées. Ces résultats répliquent et approfondissent les résultats de Stull et Mayer avec une activité de génération légèrement différente. Contrairement à leurs études, les étudiants devaient ici construire qu'un seul graphique organisateur représentant la structure hiérarchique de l'intégralité du document. La construction de ce graphique organisateur pendant la lecture du document a pu nécessiter de nombreux efforts de la part des apprenants, induisant alors de forts traitements incidents, inutiles à l'apprentissage. Une telle stratégie de *mapping* peut être difficile à apprendre et à appréhender, surtout pour des étudiants novices, pour qui la performance est particulièrement tributaire de la planification et du contrôle de la construction du graphique (Hilbert & Renkl, 2005, 2008). Bien que tous les étudiants aient réussi à générer des graphiques organisateurs de bonne qualité, il est possible que ces étudiants n'aient pas su comment les utiliser en vue d'améliorer leur compréhension. Entraîner les étudiants à une utilisation efficace et efficiente des graphiques organisateurs aurait pu améliorer davantage leur apprentissage. À cet effet, quand des chercheurs ont testé un programme éducatif pour des enfants de CE1 basé sur la structure du texte (utilisation de mots clés, séquence de questions, graphique organisateur et analyse de paragraphes modèles), les résultats ont indiqué que la compréhension des enfants était davantage améliorée face à celles de leurs pairs pour lesquels le programme éducatif était centré sur le contenu à apprendre ou bien pour ceux qui n'avaient pas de consignes du tout (Williams, Hall, Lauer, Stafford, DeSisto, & deCani, 2005). De la même façon, dans une étude conduite par Daher et Kiewra (2016), des étudiants inscrits à l'université étaient répartis dans deux groupes

différents : groupe contrôle (utilisation de leurs stratégies préférées) ou groupe méthode SOAR (entraînement à l'utilisation de la méthode SOAR de Kiewra, voir Chapitre 1, section 1.3.). Les résultats de l'étude montrent qu'entraîner les étudiants à l'utilisation de la méthode SOAR au cours de leur apprentissage a permis d'augmenter significativement leurs performances d'apprentissage (voir aussi Luo, 2018).

Dans notre étude, les étudiants visionnaient un tutoriel vidéo leur montrant comment construire un graphique organisateur à côté d'un document multimédia avant la phase d'apprentissage. De plus, les étudiants n'avaient aucune contrainte temporelle pour générer le graphique organisateur. En outre, les analyses qualitatives ont montré que les graphiques organisateurs auto-générés par les étudiants étaient similaires à ceux donnés en condition « graphique statique » et « graphique séquentiel » (i.e., 95% des étudiants du groupe « graphique auto-généré » ont construit un graphique organisateur comprenant les 21 informations de la macrostructure du texte). Il est possible que les étudiants de ce groupe aient été trop focalisés sur cette tâche de construction pour leur permettre d'essayer de comprendre les informations du document multimédia. Leurs faibles performances de mémorisation pourraient provenir de la consigne de génération. En effet, nous pouvons faire l'hypothèse que les étudiants ont alloué une majeure partie de leurs ressources cognitives à la tâche de génération sans essayer de créer du sens à partir du graphique organisateur qu'ils étaient en train de générer ou encore sans essayer d'apprendre les informations du document multimédia.

De plus amples travaux sont nécessaires afin d'approfondir nos connaissances sur les effets des graphiques organisateurs sur les performances d'apprentissage des étudiants. Plusieurs études ont testé l'influence de différents types de graphiques organisateurs toutefois les résultats de la littérature restent contrastés et les avantages et inconvénients de l'engagement actif des étudiants au cours de l'apprentissage d'un document multimédia doivent être davantage étudiés. Les résultats de cette étude mettent en évidence des effets négatifs de génération sur l'apprentissage pendant la lecture d'un document pédagogique dans un environnement numérique. Néanmoins, ces résultats pourraient être approfondis en réduisant davantage la complexité de la tâche de génération. Par exemple, la génération d'un graphique organisateur dans son intégralité pourrait être remplacée

par la génération d'un plan des informations représentées dans le document afin de réduire la charge cognitive induite par l'activité de génération.

Principaux résultats de l'étude 1 :

Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un graphique organisateur sur l'apprentissage des étudiants

- *La mise en saillance de la structure d'un texte via l'ajout d'un graphique organisateur a permis d'améliorer la mémorisation des informations représentées sur le graphique (i.e., macrostructure du document, relations hiérarchiques) ainsi que la compréhension globale du document comparativement au groupe contrôle.*
- *La présentation séquentielle des informations présentées au sein du graphique organisateur n'a pas influencé les performances d'apprentissage des étudiants comparativement à une présentation statique.*
- *L'activité de génération d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia a significativement diminué les performances des étudiants aux questions de mémorisation de l'information (i.e., macrostructure, relations hiérarchiques) et aux questions de compréhension du document face aux étudiants pour qui le graphique était donné.*
 - *Aucune différence significative à l'échelle de difficulté perçue*
 - *Temps passé sur le document plus important en condition « graphique auto-généré » face aux conditions « graphique donné »*
 - *Graphiques auto-générés de bonne qualité*
 - *Résultats négatifs allant dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive et à l'encontre de l'hypothèse de génération*

CHAPITRE 2

Étude 2 : *Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un plan sur l'apprentissage des étudiants*³

1. Introduction

La première étude réalisée montre des effets négatifs de l'auto-génération d'un graphique organisateur sur les performances d'apprentissage des étudiants. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive selon laquelle l'activité de génération serait trop coûteuse pour les étudiants en consommant inutilement leurs ressources cognitives. Pour cette deuxième étude, l'activité de génération a été modifiée. Ici, il était demandé aux étudiants de générer un plan des informations plutôt qu'un graphique organisateur plus complexe. Tout comme les graphiques organisateurs, les plans permettent de représenter la structure d'un document multimédia en mettant en saillance les informations essentielles du document ainsi que les relations hiérarchiques entretenues entre ces informations (voir Chapitre 2). Ainsi, en remplaçant l'activité de génération d'une aide spatiale (graphique organisateur) par une aide linéaire (plan), les ressources cognitives nécessitées par la tâche devraient être réduites. En effet, il est possible que les résultats négatifs obtenus dans l'étude de Stull et Mayer (2007) ainsi que dans la première étude de cette thèse (Colliot & Jamet, 2018a) puissent s'expliquer par l'hypothèse de la charge cognitive. En d'autres termes, l'activité de génération réalisée par les étudiants dans ces études pouvait être trop coûteuse, réduisant alors la quantité de ressources cognitives disponibles pour le traitement profond des informations du document. Dans cette étude, nous avons tenté de réduire la complexité de l'activité de génération. L'activité de génération était simplifiée ici dans la mesure où l'aide visuelle que devaient générer les étudiants était linéaire (i.e., plan du document). De plus, les étudiants sont davantage familiarisés à ce type de format dans la mesure où ceux-ci sont largement utilisés au sein de nombreux manuels scolaires ou encore à l'université lors des cours magistraux.

³ Colliot, T., & Jamet, É. (2018). How does adding versus self-generating a hierarchical outline while learning from a multimedia document influence students' performances? *Computers in Human Behavior*, 80, 354-361. doi: 10.1016/j.chb.2017.11.037.

Le plan utilisé ici présentait la hiérarchie des informations essentielles du document via l'utilisation de saut de lignes, d'indentations ainsi que de la numérotation (Lemarié, Lorch, Eyrolle, & Virbel, 2008; Lorch, Lemarié, & Grant, 2011b, voir Chapitre 2). Dans la lignée des travaux menés par Robinson et Kiewra (1995), nous souhaitons réaliser des mesures précises des performances d'apprentissage des étudiants : mémorisation des informations représentées dans le plan (macrostructure et relations hiérarchiques) et mémorisation des informations non représentées dans le plan (microstructure et informations illustrées). Outre la mémorisation des informations présentées, nous souhaitons également évaluer la compréhension du document multimédia. Cette dernière mesure réalisée via l'utilisation de questions de transfert des connaissances était essentielle en vue d'évaluer la capacité des étudiants à appliquer les connaissances acquises via le document multimédia à de nouvelles situations. La difficulté perçue du document d'apprentissage ainsi que le temps total passé sur ce document ont également été mesurés.

Dans la mesure où la majorité des études portant sur les effets de génération a été réalisée avec des documents papiers nous souhaitons également approfondir les résultats obtenus dans un contexte d'apprentissage assisté par ordinateur (i.e., CBLE, *Computer-Based Learning Environments*). Dans cette étude, les participants avaient pour tâche d'apprendre un document multimédia présentant les différents systèmes de la mémoire humaine ainsi que leur fonctionnement. Trois conditions d'apprentissage ont alors été créées. Les étudiants visionnaient soit le document multimédia seul (groupe contrôle), soit le même document accompagné d'un plan regroupant les informations essentielles du document et présentant les relations entretenues entre ces informations (groupe « plan donné »). Enfin, dans le dernier groupe de l'étude, les étudiants visionnaient ce même document et devaient générer un plan du document multimédia. L'objectif de cette étude était donc de comparer les effets de l'auto-génération d'un plan sur les performances d'apprentissage des étudiants lors de la lecture d'un document multimédia à celles obtenues par les étudiants visionnant un plan fourni avec le document.

2. Hypothèses opérationnelles

Cette étude visait à apporter des éléments de réponse à deux questions de recherche. La première question de recherche était la suivante : ***La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un plan améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?*** Au vu de la littérature ainsi que des résultats obtenus dans notre première étude, nous faisons l'hypothèse que l'ajout d'un plan au document multimédia améliorerait les performances des étudiants au questionnaire de mémorisation des informations représentées (macrostructure, H1a et relations hiérarchiques, H1b) face à celles des étudiants visionnant le document multimédia seul. Il était également prédit que les étudiants du groupe avec plan obtiendraient de meilleures performances au questionnaire de transfert des connaissances que ceux du groupe contrôle (H1c). En effet, l'amélioration au niveau de la base de texte entraînée par l'ajout du plan devrait amener les étudiants à élaborer un meilleur modèle mental (i.e., modèle de situation, voir Chapitre 1).

La seconde question de recherche était la suivante : ***L'auto-génération d'un plan pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?*** La littérature traitant des effets de génération nous amenait, tout comme dans la première étude, à formuler deux hypothèses différentes.

1) Tout d'abord, dû à un engagement plus important dans la tâche d'apprentissage via la mise en place de processus génératifs, **l'hypothèse de génération** prédit que les étudiants devant créer un plan obtiendront de meilleures performances que ceux le voyant seulement au questionnaire de mémorisation des informations représentées (macrostructure, H2a et relations hiérarchiques, H2b). Selon cette hypothèse ces étudiants devraient également obtenir de meilleures performances au test de transfert des connaissances (H2c). De plus, si l'activité générative amène les étudiants à s'engager davantage dans le traitement du document, cela devrait également les conduire à obtenir de meilleures performances de mémorisation des informations non représentées dans le plan (microstructure, H2d et illustrations, H2e) face à ceux pour qui le plan est donné.

2) Du fait des demandes requises par la tâche de construction d'un plan, **l'hypothèse de la charge cognitive** prédit que la génération d'un plan consomme les ressources cognitives des étudiants, diminuant alors leur performances d'apprentissage au questionnaire de mémorisation des informations représentées (macrostructure, H2a et relations hiérarchiques, H2b), le transfert de connaissances (H2c) ainsi que la mémorisation des informations non représentées (microstructure, H2d et illustrations, H2e). Une hypothèse supplémentaire était également formulée sur l'évaluation de la difficulté perçue du document multimédia par les étudiants. Si la tâche est coûteuse cognitivement, les étudiants du groupe « plan auto-généré » devraient évaluer la difficulté perçue du document multimédia comme étant plus forte face à ceux du groupe « plan donné » (H2f). En outre, nous nous attendions à ce que les étudiants du groupe « plan auto-généré » passent plus de temps sur le document que ceux du groupe « plan donné » dans la mesure où ils devaient également effectuer la tâche de génération en parallèle de l'apprentissage du document (H3).

3. Méthode

3.1. Participants

Les étudiants inscrits en licence 1 de psychologie à l'Université Rennes 2 ont été invités à participer à cette étude de psychologie cognitive. Au total, 60 étudiants ont volontairement participé à cette étude (54 femmes, 6 hommes, $M = 18.67$, $E.T. = 1.41$). Chaque étudiant était aléatoirement réparti dans un des trois groupes de l'étude (voir Figure 25). Dans les deux premiers groupes, les étudiants visionnaient le document multimédia soit seul (condition contrôle, $n = 19$) ou bien accompagné d'un plan présentant les informations essentielles du document multimédia ainsi que les relations entretenues entre ces informations (condition « plan donné », $n = 20$). Dans le troisième groupe, il était demandé aux étudiants de générer un plan pendant leur lecture du document multimédia à l'aide d'un outil d'édition (condition « plan auto-généré », $n = 21$).

Tout comme dans la première étude, les étudiants répondaient à un questionnaire de connaissances préalables portant sur le thème du document présenté afin de s'assurer que tous les étudiants participant à l'étude aient un faible

niveau de connaissances sur le sujet (voir Annexe 4). Si un étudiant répondait correctement à la moitié ou plus des questions de ce préquestionnaire, celui-ci n'était pas inclus dans les analyses statistiques réalisées. Comme attendu, les étudiants avaient très peu de connaissances préalables dans la mesure où ce thème n'avait jamais été vu au cours de leur cursus au moment de l'étude. Aucun étudiant n'a pu répondre à une seule des cinq questions du préquestionnaire de connaissances préalables. Par conséquent, aucun d'entre eux n'a été exclu des analyses statistiques présentées.

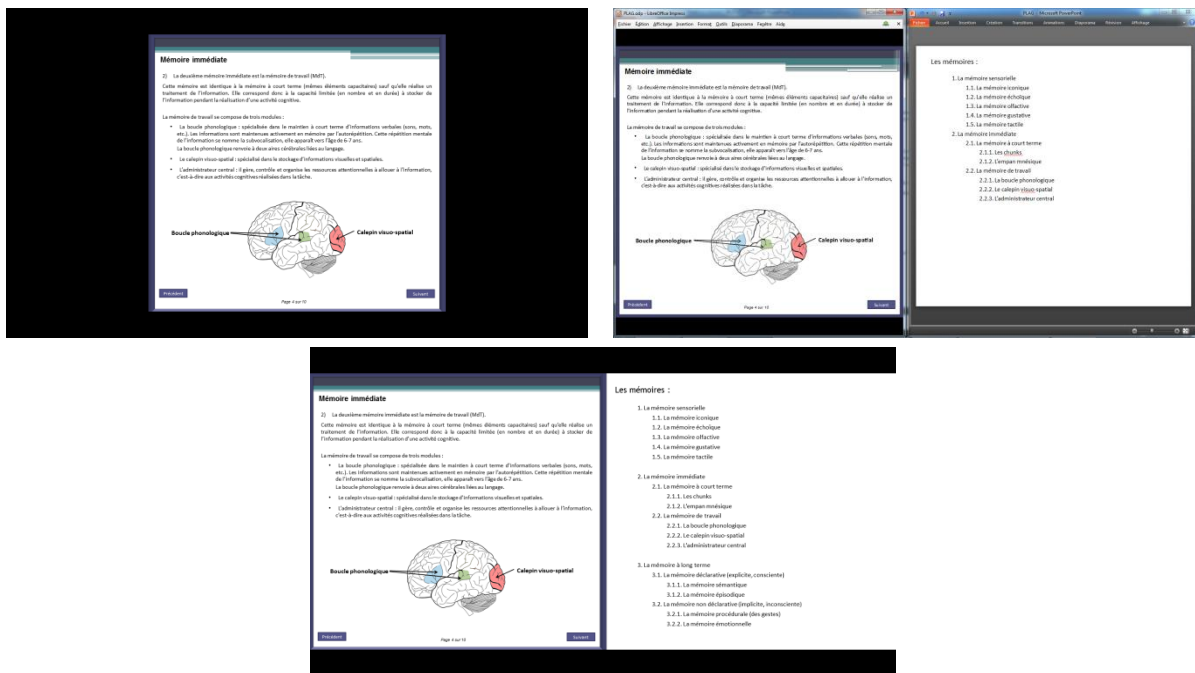


Figure 25. Copies d'écrans des conditions contrôle (en haut à gauche), « plan auto-généré » (en haut à droite) et « plan donné » (en bas).

3.2. Matériel

3.2.1. Tutoriels vidéos

Trois tutoriels vidéos ont été créés afin de montrer à chaque étudiant un exemple de document multimédia construit en fonction de la condition dans laquelle il était assigné. Chaque tutoriel vidéo était construit à partir du même document d'apprentissage présentant les différentes phases de la mitose (voir Annexe 1). Le tutoriel vidéo créé pour le groupe contrôle présentait seulement le document multimédia (groupe contrôle, 3 minutes et 27 secondes) tandis que le tutoriel vidéo du groupe « plan donné » présentait ce même document accompagné d'un plan

regroupant les informations essentielles présentées ainsi que leurs relations hiérarchiques (groupe « plan donné », 3 minutes et 30 secondes). Enfin, le tutoriel vidéo construit pour le groupe « plan auto-généré » était constitué du document multimédia ainsi que d'un outil d'édition à partir duquel le plan était généré en même temps que la lecture du document (4 minutes et 5 secondes). Ce dernier tutoriel visait à montrer aux étudiants l'outil d'édition ainsi que la manière de l'utiliser afin de générer un plan pendant leur lecture. Afin de s'assurer que les étudiants du groupe « plan auto-généré » aient bien compris comment utiliser l'interface de l'outil d'édition, il leur était demandé de reproduire un plan à deux niveaux (i.e., un titre et deux sous-titres). Cette tâche de recopie était réalisée en moins d'une minute (voir Annexe 7).

3.2.2. Environnement d'apprentissage

Le matériel pédagogique utilisé dans cette étude est identique à celui utilisé dans la première étude. Pour rappel, le document multimédia portait sur les différents systèmes de la mémoire humaine et était composé de 12 diapositives : 1 diapositive d'introduction, 1 diapositive de consigne, 9 diapositives de contenu et 1 diapositive de fin. Chacune des 9 diapositives de contenu était constituée d'un texte explicatif de 150-200 mots ainsi que d'une représentation schématique du cerveau visant à illustrer la localisation des systèmes de mémoire présentés (le texte total comprenait 1500 mots). La dernière diapositive permettait de revoir les diapositives de contenu ou bien d'accéder au questionnaire d'apprentissage. Le contrôle du rythme du document multimédia était laissé libre à l'apprenant, chaque diapositive étant constituée d'un bouton suivant et précédent.

En fonction de la condition, le document était soit centré à l'écran (condition contrôle) ou bien placé à la gauche de l'écran avec sur la partie droite le plan donné (condition « plan donné »). Dans la condition « plan auto-généré », le document multimédia était placé à la gauche de l'écran avec à la droite de celui-ci un outil d'édition permettant aux étudiants de générer le plan pendant la lecture du document, voir Figure 25.

Le plan, similaire à un sommaire des informations présentées, représentait la structure hiérarchique du texte du document multimédia de façon linéaire. Celui-ci comprenait 3 niveaux différents avec 21 titres et sous-titres : 3 titres au niveau 1, 9

titres au niveau 2 et 9 titres au niveau 3 (voir Préambule section 3). Ces titres correspondaient aux informations essentielles du texte, c'est-à-dire à la macrostructure du document.

3.3. Mesures

3.3.1. *Test de connaissances préalables et données démographiques*

Tout comme dans la première étude, les étudiants complétaient un questionnaire évaluant leurs connaissances préalables sur le thème du document avant la phase d'apprentissage. Dans la mesure où le thème choisi (i.e., les systèmes de mémoires humaines) n'avait jamais été étudié par les participants au moment de l'étude, nous nous attendions à de très faibles scores des étudiants à ce test. Ce test était constitué de seulement cinq questions notées sur 1, 2 ou 3 points (le nombre de points attribués dépendait du nombre d'élément requis pour répondre à la question). Le score maximum pouvant être obtenu à ce test était de 8 points (e.g., *Citez les deux grands types de mémoire à long terme déclarative*). Ce test permettait en outre de collecter des informations sur le genre et l'âge des participants voir Annexe 4.

3.3.2. *Difficulté perçue du document d'apprentissage*

Suite à la consultation du document multimédia, les participants devaient évaluer trois items sur une échelle de Likert en 9 points allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 9 « Tout à fait d'accord ». Ces items étaient utilisés afin de mesurer la perception de la difficulté perçue du matériel d'apprentissage par les étudiants (e.g., *Il était difficile d'apprendre avec ce document*). Ces items correspondent à une adaptation française de plusieurs items utilisés dans des études de psychologie cognitive (e.g., DeLeeuw & Mayer, 2008; Moreno, Reislen, & Ozogul, 2010; Moreno & Valdez, 2005; Paas, 1992). L'alpha de Cronbach de cette échelle était de $\alpha = .827$ suggérant donc une bonne consistance interne.

3.3.3. *Questionnaire d'apprentissage*

Les étudiants complétaient le questionnaire d'apprentissage après avoir cliqué sur le bouton de la dernière diapositive du document multimédia « *Je suis prêt pour*

répondre au questionnaire d'apprentissage ». Le questionnaire d'apprentissage utilisé ici est identique à celui présenté dans la partie Préambule section 4 ainsi que dans la première étude. Pour rappel, ce questionnaire était divisé en 2 parties : un questionnaire de mémorisation et un questionnaire de transfert des connaissances (voir Annexes 11 et 12). Le questionnaire de mémorisation portait à la fois sur les informations représentées dans le plan (12 questions ouvertes sur la macrostructure – correspondant aux informations des titres et des sous-titres – et 7 questions ouvertes portant sur les relations hiérarchiques entretenues entre les informations – indiquées par les indentations ainsi que par la numérotation des titres et sous-titres) ainsi que sur les informations non représentées dans le plan (12 questions ouvertes sur la microstructure, détails du texte – 8 questions à choix multiples sur les illustrations). Le questionnaire de transfert des connaissances était composé de 6 problèmes de transfert pour lesquels les étudiants devaient appliquer les informations qu'ils venaient d'apprendre à de nouvelles situations afin de trouver la réponse correcte.

3.3.4. Temps d'apprentissage

Un temps total passé sur le document multimédia (appelé temps d'apprentissage) a été calculé pour chacun des étudiants de l'étude. Pour chaque groupe, ce temps était calculé à partir du moment où les étudiants débutaient leur lecture du document jusqu'au moment où ils cliquaient sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* » de la dernière diapositive.

3.4. Procédure

Les passations ont toutes eu lieu dans une salle du LP3C à l'Université Rennes 2 durant le premier semestre de l'année universitaire 2016-2017. L'étude se déroulait en plusieurs étapes successives. Les sessions d'étude duraient une heure et permettaient d'accueillir deux personnes. Toutefois, chaque passation était individuelle. Tout d'abord, l'expérimentateur accueillait les participants et leur expliquait les différentes étapes de l'étude. Un formulaire de consentement leur était donné, celui-ci présentait le déroulement ainsi que les objectifs de l'expérience. Il permettait, en outre, d'informer les étudiants sur l'utilisation des données, leurs caractères anonymes, etc. Après avoir signé le formulaire de consentement, les

étudiants étaient invités à compléter le préquestionnaire recueillant leur niveau de connaissances préalables sur le thème de l'étude ainsi que des données démographiques les concernant. L'expérimentateur donnait explicitement la consigne d'apprentissage aux étudiants. En effet, il leur était clairement indiqué qu'ils devaient lire les informations présentées en vue de les retenir et de les comprendre afin de compléter le questionnaire d'apprentissage suivant leur lecture. Les étudiants étaient aléatoirement répartis dans une des trois conditions de l'étude puis ils visionnaient le tutoriel vidéo spécifique à la condition dans laquelle ils avaient été assignés. Seuls les étudiants du groupe « plan auto-généré » réalisaient une tâche de recopie du plan du tutoriel vidéo afin de s'assurer de leur compréhension du fonctionnement de l'outil d'édition utilisé. Après avoir répondu aux questions éventuelles des étudiants, l'expérimentateur lançait le logiciel BBFlashback afin d'enregistrer les temps passés sur le document ainsi que les plans auto-générés par les étudiants. Les étudiants étaient informés du fait qu'aucune prise de note n'était autorisée pendant leur lecture ainsi qu'aucun document n'était autorisé pendant la complétion du questionnaire d'apprentissage. Après avoir cliqué sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* », les étudiants évaluaient les trois items de difficulté perçue puis répondaient au questionnaire de mémorisation suivi du questionnaire de transfert des connaissances. Chaque étudiant visionnait le tutoriel vidéo, le document multimédia ainsi que les questionnaires sur le même écran d'ordinateur. Aucune contrainte temporelle n'était donnée pour apprendre le document ou encore pour répondre aux différents questionnaires.

3.5. Analyse des données

Une MANOVA a été réalisée sur les données recueillies suivie par des analyses de variances à partir du logiciel statistique IBM SPSS, puis par des analyses de contrastes afin de comparer les performances des étudiants sur les variables dépendantes du questionnaire d'apprentissage (scores de mémorisation et de transfert des connaissances), sur le temps d'apprentissage ainsi que sur l'échelle de difficulté perçue.

4. Résultats

4.1. Analyses préliminaires

Chacune des hypothèses présentées dans l'introduction de cette étude (voir section 2 de ce chapitre) renvoie à des comparaisons spécifiques entre les trois groupes de l'étude. Suite à la MANOVA, des ANOVA ont été réalisées afin de tester les effets principaux des conditions sur les performances d'apprentissage des étudiants sur la mémorisation de la macrostructure des informations (informations principales), la mémorisation de la microstructure (détails), la mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations (hiérarchie), la mémorisation des informations illustrées ainsi que la compréhension des informations présentées (i.e., transfert de connaissances), voir Tableau 6.

La MANOVA réalisée sur l'ensemble des catégories du questionnaire d'apprentissage montre des différences significatives entre les trois groupes de l'étude, Lambda de Wilks = 2.233, $p = .021$.

Tableau 6. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les trois conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.

	Contrôle		Plan donné		Plan auto-généré		F	p	η^2
	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)			
Questions de mémorisation									
Informations représentées	Macrostructure /12	5.21 (2.94)	7.10 (2.87)	5.50 (2.71)	2.551	.087	.082		
	Relations hiérarchiques /7	5.11 (1.45)	5.05 (1.70)	3.93 (1.95)	3.043	.056	.096		
Informations non représentées	Microstructure /12	5.68 (2.85)	6.50 (3.05)	5.29 (2.19)	1.060	.353	.036		
	Illustrations /8	5.32 (1.57)	6.20 (1.96)	4.48 (1.86)	4.651	.013	.140		
Questions de transfert /6	0.92 (1.15)	2.15 (1.67)	1.12 (1.26)	4.530	.015	.137			
Difficulté perçue	4.26 (1.60)	4.28 (1.76)	4.67 (1.55)	0.395	.675	.014			
Temps d'apprentissage (min)	22.62 (10.31)	24.88 (10.04)	26.88 (10.23)	0.871	.424	.030			

4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un plan améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?

Des comparaisons planifiées ont été réalisées afin de comparer les performances des étudiants du groupe contrôle à celles des étudiants du groupe « plan donné ». Les analyses statistiques révèlent que les étudiants du groupe « plan donné » ont obtenu des scores de mémorisation significativement plus élevés comparativement à ceux des étudiants du groupe contrôle aux questions portant sur les informations représentées dans le plan (macrostructure, $t(57) = 2.079$, $p = .042$), allant ainsi dans le sens de l'hypothèse H1a. Toutefois, contrairement à l'hypothèse H1b, aucune différence significative n'a été obtenue entre les scores des étudiants de ces deux groupes aux questions de mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations, $t(57) = .100$, $p = .921$. De plus, des différences significatives au questionnaire de transfert des connaissances ont été obtenues en faveur du groupe « plan donné » comme le prédisait l'hypothèse H1c, $t(57) = 2.779$, $p = .007$, comparativement au groupe contrôle, voir Figure 26. En outre, les analyses statistiques conduites n'indiquent aucune différence entre les scores des deux groupes aux questions de mémorisation des informations non représentées sur le plan (microstructure, $t(57) = .939$, $p = .352$ et informations illustrées, $t(57) = 1.526$, $p = .133$).

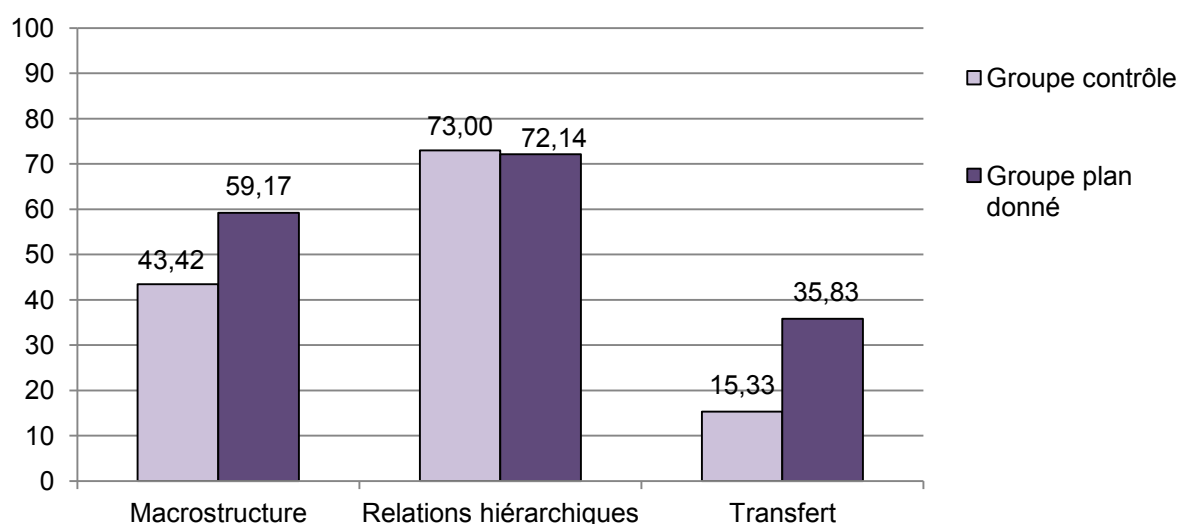


Figure 26. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « plan donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

4.3. L'auto-génération d'un plan pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?

Les comparaisons planifiées révèlent des différences significatives à la fois sur les questions de mémorisation des informations ainsi que sur le transfert des connaissances. En effet, les résultats obtenus indiquent que les étudiants du groupe « plan auto-généré » obtiennent des scores significativement plus faibles que les étudiants du groupe « plan donné » aux questions de mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations, $t(57) = 2.085$, $p = .042$, allant ainsi dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive H2b. Un effet marginal similaire a été obtenu aux questions de mémorisation de la macrostructure du document, $t(57) = 1.805$, $p = .076$, allant dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive H2a. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes aux questions de mémorisation portant sur la microstructure du document, $t(57) = 1.433$, $p = .157$, H2d. Toutefois, une différence significative apparaît sur les performances de mémorisation des informations illustrées, $t(57) = 3.050$, $p = .003$ ce qui va dans le sens de l'hypothèse H2e. En effet, les étudiants du groupe « plan auto-généré » obtenaient des performances significativement plus faibles que ceux du groupe « plan donné » à cette catégorie de questions. En outre, comme prédit par l'hypothèse de la charge cognitive H2c, les étudiants devant générer un plan pendant la lecture du document ont moins bien compris le document multimédia que ceux visionnant ce document avec un plan donné comme en témoignent les scores de ces deux groupes au questionnaire de transfert des connaissances, $t(57) = 2.390$, $p = .020$, voir Figure 27.

Enfin, l'analyse des évaluations de la difficulté perçue du document d'apprentissage ne révèle aucune différence significative entre le groupe plan donné et le groupe plan auto-généré, contrairement à ce qui était prédit par l'hypothèse H2f, $t(57) = .750$, $p = .456$.

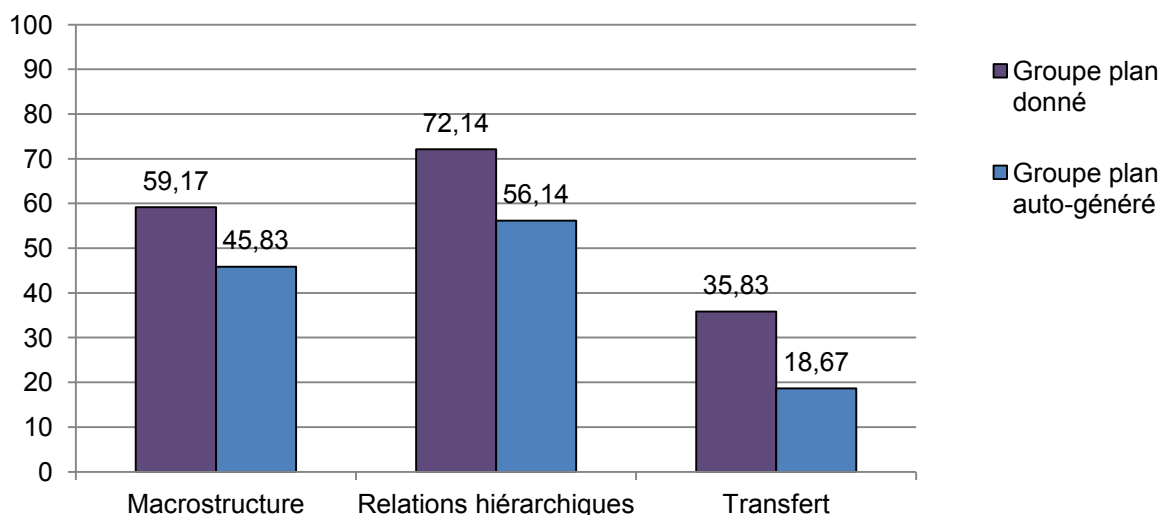


Figure 27. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « plan donné » et le groupe « plan auto-généré » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques ainsi qu'aux problèmes de transfert des connaissances.

Analyses complémentaires

Des analyses qualitatives complémentaires réalisées sur les plans auto-générés par les étudiants révèlent que la majorité des plans générés contenaient les 21 informations essentielles du document (61.90%). Pour rappel, les étudiants du groupe « plan auto-généré » devaient construire un plan comprenant 21 titres et sous-titres ainsi que 21 liens entre les informations (indiquées par les indentations ainsi que la numérotation des titres et sous-titres). Au total, 8 étudiants sur 21 (38.10%) n'ont pas noté l'ensemble des 21 informations essentielles. En outre, plus de la moitié des étudiants (57.14%) se sont trompés dans les liens entretenus entre les informations essentielles (i.e., relations hiérarchiques), révélé par l'absence de distinction entre les différents niveaux hiérarchiques.

À titre d'information, des analyses de contraste complémentaires ont été réalisées entre le groupe contrôle et le groupe « plan auto-généré » afin d'observer les effets de l'activité de génération d'un plan. Aucune différence significative n'a été obtenue entre les deux groupes pour les questions de mémorisation des informations liées à la macrostructure du document, $t(57) = .322$, $p = .748$, à la microstructure, $t(57) = .464$, $p = .644$ ainsi qu'aux informations illustrées, $t(57) = .573$, $p = .148$. De la

même façon, aucune différence n'a été obtenue aux questions de transfert des connaissances, $t(57) = .437$, $p = .652$. Les analyses de contraste réalisées sur le questionnaire d'apprentissage entre le groupe contrôle et le groupe « plan auto-généré » révèlent une seule différence significative pour les questions portant sur la mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations, $t(57) = 2.159$, $p = .035$. En effet, les étudiants du groupe « plan auto-généré » obtiennent de moins bonnes performances à ce type de questions que les étudiants du groupe contrôle.

4.4. Temps d'apprentissage

Les comparaisons planifiées réalisées sur le temps total passé à apprendre le document multimédia ne montrent pas de différence significative entre le groupe contrôle et le groupe où un plan était ajouté au document multimédia, $t(57) = .692$, $p = .492$. De la même façon, aucune différence significative n'apparaît sur le temps passé sur le document entre le groupe « plan donné » et le groupe « plan auto-généré », $t(57) = .628$, $p = .532$.

5. Discussion

Cette étude avait pour objectif de mesurer précisément les effets d'un format d'apprentissage sans le plan des informations (groupe contrôle), avec le plan des informations (groupe « plan donné ») ou avec un plan auto-généré par les étudiants pendant leur lecture (groupe « plan auto-généré ») sur les performances d'apprentissage des étudiants. Les participants étudiaient donc le même document multimédia dans une de ces trois conditions. En outre, notre objectif était d'apporter des éléments de réponses aux deux questions de recherche posées.

1) ***La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un plan améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?*** Les plans sont considérés comme étant des aides à la structuration des informations dans la mesure où ils mettent en saillance les informations du texte (titres et sous-titres) et la manière dont ces informations s'organisent entre elles (e.g., Glynn, Britton, & Mutch, 1985; Kauffman & Kiewra, 2010; Lemarié, Lorch, Eyrolle, & Virbel, 2008; Mautone &

Mayer, 2001 ; Robinson & Kiewra, 1995, voir Chapitre 2). De ce fait, un effet bénéfique de l'ajout du plan au document multimédia était attendu. En accord avec les travaux antérieurs soulignant la supériorité des formats texte et plan plutôt que texte seul en termes d'apprentissage (e.g., Robinson & Kiewra, 1995), nos résultats révèlent des performances d'apprentissage significativement supérieures dans le groupe « plan donné » comparativement au groupe contrôle où aucun plan n'était présenté sur la mémorisation des informations essentielles du document multimédia. Toutefois, contrairement à ce qui était prédit, les étudiants du groupe « plan donné » n'ont pas obtenu de meilleures performances de mémorisation des relations hiérarchiques comparativement au groupe contrôle. Certains types de graphiques organisateurs sont considérés comme étant plus aptes à présenter les relations hiérarchiques entretenues entre les informations. En effet, les formats spatiaux tels que les matrices ou encore les cartes de connaissances pourraient davantage mettre en saillance les relations hiérarchiques comparativement aux formats linéaires tels que les plans (e.g., Kiewra, 2012 ; Luo, Kiewra, Peteranetz, & Flanigan, 2017). De plus, en accord avec les hypothèses formulées, les étudiants du groupe « plan donné » ont obtenu des scores de transfert des connaissances significativement plus élevés que ceux des étudiants du groupe contrôle. Ces résultats positifs obtenus au questionnaire d'apprentissage renforcent les résultats de la littérature concernant le fait que l'ajout d'une aide à la structuration représentant la structure du texte en présentant les informations pertinentes et leurs relations hiérarchiques améliore l'apprentissage des étudiants. En outre, cette étude montre également que les étudiants du groupe « plan donné » obtiennent de meilleurs scores de transfert de connaissances que ceux du groupe contrôle. L'amélioration de la mémorisation des informations essentielles pour les étudiants de la condition « plan donné » a pu faciliter leur élaboration d'un modèle mental cohérent augmentant ainsi leur compréhension globale du document. Enfin, aucun effet n'a été observé pour les informations qui n'étaient pas représentées dans le plan (i.e., microstructure et informations illustrées). Cela signifie alors que si des effets bénéfiques ont pu être observés pour la mémorisation des informations représentées, ceux-ci ne se sont pas étendus à la mémorisation des informations non représentées au sein du plan.

La deuxième question de cette étude portait sur les effets sur l'apprentissage du visionnement ou de l'auto-génération d'un plan pendant la lecture du document multimédia. Plus spécifiquement : ***L'auto-génération d'un plan pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?*** Des hypothèses différentes ont été formulées sur les performances d'apprentissage des étudiants. L'hypothèse de génération prédisait que l'activité générative améliorerait l'apprentissage global des étudiants du fait de leur engagement plus fort dans la tâche. *A contrario*, l'hypothèse de la charge cognitive supposait que la génération d'un plan diminuerait la quantité de ressources cognitives disponibles pour traiter les informations présentées du fait de l'augmentation de la charge cognitive induite par la tâche. Cela aurait ainsi pour conséquence de diminuer les performances d'apprentissage des étudiants. Les résultats de cette étude vont dans le sens de la seconde hypothèse dans la mesure où des performances moindres de mémorisation des informations représentées dans le plan sont obtenues (macrostructure, relations hiérarchiques). Il est important de rappeler que la majorité des plans générés par les étudiants comprenaient l'ensemble des informations essentielles présentées dans le document multimédia (macrostructure, 61,9%) mais plus de la moitié contenait des erreurs dans les relations hiérarchiques entretenues entre ces informations. Il est possible que les étudiants ne possédaient pas assez d'expériences dans la génération de plan représentant la structure globale du texte. Nous pouvons également faire l'hypothèse que les étudiants ne savaient pas comment utiliser le plan de manière efficace et efficiente (voir Graesser, Haut-Smith, Cohen, & Pyles, 1980).

Les étudiants du groupe « plan auto-généré » ont également obtenus des scores de mémorisation des informations illustrées significativement plus faibles que ceux des étudiants du groupe « plan donné ». Ce résultat est intéressant dans la mesure où il semble indiquer que les étudiants de ce groupe étaient trop focalisés sur les informations verbales pour pouvoir traiter efficacement les informations illustrées (focalisés sur l'extraction des informations essentielles du texte pour générer le plan). En outre, les étudiants du groupe « plan auto-généré » ont obtenu de moins bonnes performances au questionnaire de transfert des connaissances. Ces résultats viennent renforcer les effets négatifs de l'activité de génération d'un plan pendant l'apprentissage à partir d'un document multimédia sur les performances. Ainsi, cette activité de génération n'a pas seulement affecté

négativement la mémorisation des étudiants mais également leur compréhension. Cependant, aucun effet n'a été observé entre les conditions sur la difficulté perçue du document multimédia ainsi que sur le temps passé à étudier le document.

Il est également possible que l'activité de génération d'un plan n'ait pas été efficace non pas du fait d'une forte charge cognitive induite par la tâche mais du fait de l'incapacité des étudiants à générer des plans de bonne qualité. En effet, les analyses qualitatives réalisées sur les plans générés par les étudiants révèlent que plus de la moitié des étudiants rencontraient des difficultés pour générer le plan. Ces difficultés pourraient provenir de leurs faibles connaissances préalables sur le thème du document multimédia étudié. Ainsi, ces résultats pourraient expliquer pourquoi les étudiants n'ont pas bénéficié de leur activité de génération de plan. En outre, il a été montré que les étudiants éprouvaient des problèmes de construction de structures (*poor structure builders*). En effet, l'étude menée par Hyönä, Lorch et Kaakinen (2002) a montré que moins de 20% des étudiants utilisaient une stratégie de traitement des thèmes (*topic processing strategy*) pour lire un texte en vue de le résumer (voir aussi, Hyönä & Nurminen, 2006). À cet effet, des techniques d'oculométrie (i.e., *eye-tracking*) permettant d'enregistrer les mouvements oculaires des participants à l'écran peuvent être utilisées afin d'analyser les comportements de lecture et de génération d'un plan ainsi que les difficultés rencontrées par les étudiants durant cette tâche d'apprentissage.

De futures études devront être mises en place en guidant les étudiants dans les processus de sélection et d'organisation afin de les aider à générer des plans de bonne qualité. En outre, des études devraient être conduites afin de comparer les performances d'apprentissage des étudiants en fonction de la qualité des plans générés. Nous pourrions alors faire l'hypothèse que les étudiants générant les plans les plus complets bénéficieraient davantage de cette activité de génération comparativement à ceux générant des plans d'une qualité moindre. Malheureusement, le faible effectif du groupe « plan auto-généré » ne nous permettait pas de réaliser des analyses intragroupes fiables concernant la qualité des plans générés et leurs relations avec les performances d'apprentissage des étudiants.

Cette deuxième étude a permis de répliquer et d'approfondir les résultats obtenus par Stull et Mayer (2007) ainsi que ceux obtenus dans notre première étude (Colliot & Jamet, 2018a) avec un format plus traditionnel. Ici l'activité de génération portait non pas sur la construction d'un graphique organisateur mais sur la construction d'un plan. Bien que ce format semble plus simple à générer qu'un diagramme en arbre (format linéaire plutôt que spatial), les effets négatifs de l'activité de génération étaient toujours présents. Si l'on étudie les tailles d'effet des comparaisons groupe contrôle versus groupe auto-génération de cette étude aux tailles d'effet de l'étude précédente, nous constatons que celles-ci sont légèrement plus élevées lorsque l'aide visuelle correspond à un graphique (pour la mémorisation des relations hiérarchiques, d de Cohen étude graphique = 0.68 versus d de Cohen étude plan = 0.61 ; pour le transfert des connaissances, d de Cohen étude graphique = 0.77 versus d de Cohen étude plan = 0.70). Ces résultats semblent indiquer que les résultats négatifs de génération obtenus ne proviennent peut-être pas de la composante graphique mais de la difficulté d'extraction de la macrostructure ou encore de l'organisation de ces informations entre elles. Toutefois, afin de tester cette hypothèse, la composante graphique sera réduite dans l'étude suivante. Ces résultats ainsi que les difficultés de la génération d'un plan soulignent l'importance de la mise en place d'un guidage afin de faciliter le traitement des informations par les étudiants et ainsi d'améliorer leurs performances d'apprentissage.

Il est possible que l'activité de génération ait diminué l'apprentissage des étudiants sans être trop coûteuse mais en focalisant leur attention sur la manière de générer le plan. En outre, il est possible que les étudiants aient été activement impliqués dans la tâche de génération d'un plan sans être fortement impliqués dans l'activité de génération de sens à partir du matériel présenté. Aussi, de nouvelles études devraient être menées afin d'étudier plus précisément l'implication des étudiants dans ces différentes tâches.

Enfin, l'activité de génération pourrait être facilitée en demandant aux étudiants de compléter le squelette d'un graphique organisateur ou d'un plan (voir Ponce & Mayer, 2014 ; Stull & Mayer, 2007). En effet, cela éviterait de consommer les ressources cognitives des étudiants en diminuant les processus incidents liés à la génération même du graphique organisateur ou du plan (e.g., créer les différents niveaux hiérarchiques, démarquer les niveaux hiérarchiques, etc.).

Principaux résultats de l'étude 2 :

Les effets de l'ajout versus l'auto-génération d'un plan sur l'apprentissage des étudiants

- *La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un plan a permis d'améliorer la mémorisation des informations essentielles (i.e., macrostructure) ainsi que la compréhension globale du document comparativement au groupe contrôle.*
- *L'activité de génération d'un plan pendant la lecture du document multimédia a diminué les performances des étudiants aux questions de mémorisation de l'information (i.e., macrostructure, relations hiérarchiques) et aux questions de compréhension du document face aux étudiants pour qui le plan était donné.*
 - *Pas de différence significative à l'échelle de difficulté perçue*
 - *Pas de différence entre les temps passés à étudier le document*
 - *En condition « plan auto-généré », difficultés rencontrées par plus de la moitié des étudiants dans la génération du plan*
 - *Résultats négatifs allant dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive et à l'encontre de l'hypothèse de génération*

CHAPITRE 3

Étude 3 : *Guider les étudiants dans la génération d'un graphique organisateur : comparaison d'une génération totale à une génération partielle*

1. Introduction

Les résultats de l'étude 1 nous montrent que l'auto-génération totale d'un graphique organisateur influence négativement l'apprentissage des étudiants. De la même manière, lorsque le graphique organisateur à auto-générer (structure hiérarchique, format spatial) a été remplacé par un plan (format linéaire), les mêmes résultats ont été obtenus (étude 2). Dans la continuité de ces recherches, nous avons alors souhaité étudier des pistes permettant d'aider les étudiants dans la tâche de génération. Ainsi, pour cette troisième étude, un groupe d'étudiants devait générer totalement le graphique organisateur (groupe « auto-généré total ») tandis qu'un autre groupe recevait une sorte de *scaffolding* afin de les aider dans cette activité. En effet, pour ce dernier groupe, le squelette du graphique organisateur leur était fourni, les étudiants n'avaient donc plus qu'à compléter les boîtes vides du graphique organisateur. Le *scaffolding*, considéré comme étant « *un support adapté aux besoins de l'étudiant* » (van de Pol, Volman, Oort, & Beishuizen, 2015), correspondait alors à la structure vide du graphique organisateur. Les travaux réalisés dans le champ de la génération de dessins ou de cartes conceptuelles montrent que l'utilisation d'un guidage de l'activité de génération entraîne des meilleures performances d'apprentissage dans des conditions où l'illustration est générée par les apprenants face à des conditions contrôlées ou lorsque l'illustration est donnée (e.g., Chang, Sung, & Chen, 2002 ; Leutner & Schmeck, 2014 ; Lin, Lee, Kalyuga, Wang, Guan, & Wu, 2017 ; Van Meter, 2001 ; Van Meter, Aleksic, Schwartz, & Garner, 2006 ; voir Fiorella & Zhang, 2018 pour une revue). Fournir le squelette du graphique correspond au niveau 3 de guidage décrit par Fiorella et Zhang (2018), « illustrations partiellement complétées », lequel permet à la fois de diminuer les demandes extrinsèques de l'activité de génération et d'éviter les erreurs de générations.

Cette étude a été menée dans l'objectif d'éclaircir les résultats contrastés de la littérature sur les effets des activités de génération sur les performances d'apprentissage des étudiants. Aussi, cette étude visait à approfondir nos connaissances actuelles des effets d'une activité de génération particulière, à savoir celle de la génération d'un graphique organisateur, en utilisant des mesures précises de performances d'apprentissage. Notre objectif était donc de comparer les effets sur l'apprentissage d'une tâche d'apprentissage où les étudiants consultent le document multimédia accompagné d'un graphique organisateur (groupe « graphique donné ») à une tâche d'apprentissage où les étudiants génèrent eux-mêmes un graphique organisateur pendant leur lecture du document multimédia (groupe « graphique auto-généré »). En outre, cette étude visait à étudier les effets d'un *scaffolding* de l'activité de génération via l'ajout du squelette du graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré total » versus groupe « graphique auto-généré partiel »).

2. Hypothèses opérationnelles

Les hypothèses formulées reposent sur quatre questions de recherches différentes. La première question de recherche était la suivante : ***L'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia peut-il améliorer les performances d'apprentissage des étudiants ?*** Conformément aux résultats obtenus dans la littérature ainsi que dans nos deux études précédentes, notre première hypothèse postule que l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia (groupe « graphique donné ») augmentera les performances d'apprentissage des étudiants face à celles des étudiants visionnant le document multimédia seul (groupe contrôle). Ainsi, le groupe « graphique donné » devrait obtenir de meilleurs scores de mémorisation que le groupe contrôle pour les questions portant sur les informations représentées au sein du graphique organisateur : macrostructure (H1a) et relations hiérarchiques (H1b). De la même façon, ces étudiants devraient également obtenir de meilleures performances au test de transfert des connaissances (H1c). En outre, l'ajout du graphique organisateur devrait augmenter le temps global passé sur le document multimédia (H1d).

La seconde question de recherche était la suivante : ***L'auto-génération totale d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l'apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d'un graphique organisateur ?*** À partir des travaux antérieurs comparant un groupe où le graphique est donné aux étudiants à un groupe où le graphique est totalement auto-généré (e.g., Stull & Mayer, 2007, voir aussi étude 1 et 2), nous faisons l'hypothèse que le groupe visionnant un document multimédia accompagné d'un graphique organisateur obtiendrait de meilleures performances de mémorisation que le groupe générant totalement un graphique organisateur pour les questions portant sur la macrostructure du document (H2a) ainsi que les relations hiérarchiques entretenues entre les informations présentées (H2b). En outre, de meilleures performances de transfert des connaissances étaient attendues pour les étudiants du groupe « graphique donné » comparativement au groupe « graphique auto-généré total » (H2c). Aussi, du fait de la tâche de génération du graphique organisateur, nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré total » passeraient plus de temps sur le document multimédia que ceux du groupe « graphique donné » (H2d). Ces étudiants devraient également rapporter une difficulté perçue du document plus importante (H2e). L'ensemble de ces hypothèses renvoient à l'hypothèse de la charge cognitive selon laquelle l'activité de génération totale d'un graphique organisateur pendant l'apprentissage entraîne des processus incidents qui ont pour effet de diminuer les performances d'apprentissage des étudiants.

Nous nous sommes également intéressés à une nouvelle question de recherche à savoir : ***L'auto-génération partielle d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l'apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d'un graphique organisateur ?*** En diminuant la complexité de l'activité de génération en demandant seulement aux étudiants de compléter les boîtes vides d'un graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré partiel »), nous faisons l'hypothèse que les étudiants obtiendraient de meilleures performances comparativement au groupe « graphique donné » sur la mémorisation des informations représentées dans le graphique : macrostructure (H3a) et relations hiérarchiques (H3b). Nous nous attendions également à ce que les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel »

obtiennent de meilleures performances au questionnaire de transfert des connaissances (H3c) grâce à la diminution des processus incidents ainsi qu'à l'augmentation potentielle des processus de génération (*hypothèse de génération*).

Enfin des hypothèses spécifiques ont été formulées entre le groupe des étudiants générant un graphique totalement ou bien partiellement afin de répondre à la question suivante : ***La génération partielle d'un graphique organisateur entraine-t-elle de meilleures performances comparativement à une génération totale ?*** Du fait de la diminution des contraintes de génération (i.e., en condition « graphique auto-généré partiel », les étudiants n'ont plus besoin de sélectionner des boîtes et des flèches et de les glisser-déposer sur la page blanche de l'outil d'édition en maintenant le clic de la souris), nous nous attendions à ce que les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » obtiennent de meilleurs scores de mémorisation des informations représentées dans le graphique, liées à la macrostructure du document (H4a) ainsi qu'aux relations hiérarchiques entretenues entre les informations (H4b) comparativement au groupe « graphique auto-généré total ». En outre, ces étudiants devraient également obtenir de meilleurs scores de compréhension, mesurés par le questionnaire de transfert des connaissances face aux étudiants du groupe « graphique auto-généré total » (H4c). Enfin, nous faisons l'hypothèse que les étudiants devant générer entièrement un graphique organisateur passeraient plus de temps sur le document (H4d) et rapporteraient une difficulté perçue du document multimédia plus forte (H4e) que ceux devant simplement compléter le squelette du graphique organisateur.

3. Méthode

3.1. Participants

Quatre-vingt-un étudiants inscrits en licence 2 de psychologie à l'Université Rennes 2 ont volontairement participé à cette étude (72 femmes, 9 hommes, $M_{age} = 19.88$, $E.T. = 1.59$). Les étudiants étaient aléatoirement répartis dans une des quatre conditions de l'étude (voir Figure 28). En fonction du groupe, les étudiants consultaient soit le document multimédia seul (groupe contrôle, $n = 20$) ou bien accompagné d'un graphique organisateur fourni avec le document (groupe

« graphique donné », $n = 20$). Au sein des deux autres groupes, les étudiants avaient pour tâche d'apprendre le document multimédia en générant un graphique organisateur soit totalement (groupe « graphique auto-généré total », $n = 20$) ou partiellement, en complétant les boîtes vides du squelette d'un graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré partiel », $n = 21$).

Tout comme dans les précédentes études réalisées, les étudiants répondaient à un questionnaire de connaissances préalables sur le thème de l'étude afin de s'assurer que tous les participants avaient le même niveau d'expertise, voir Annexe 4. Dans la mesure où aucun étudiant de l'échantillon n'a obtenu 50% ou plus de bonnes réponses à ce test, aucun étudiant n'a été exclu des analyses réalisées.

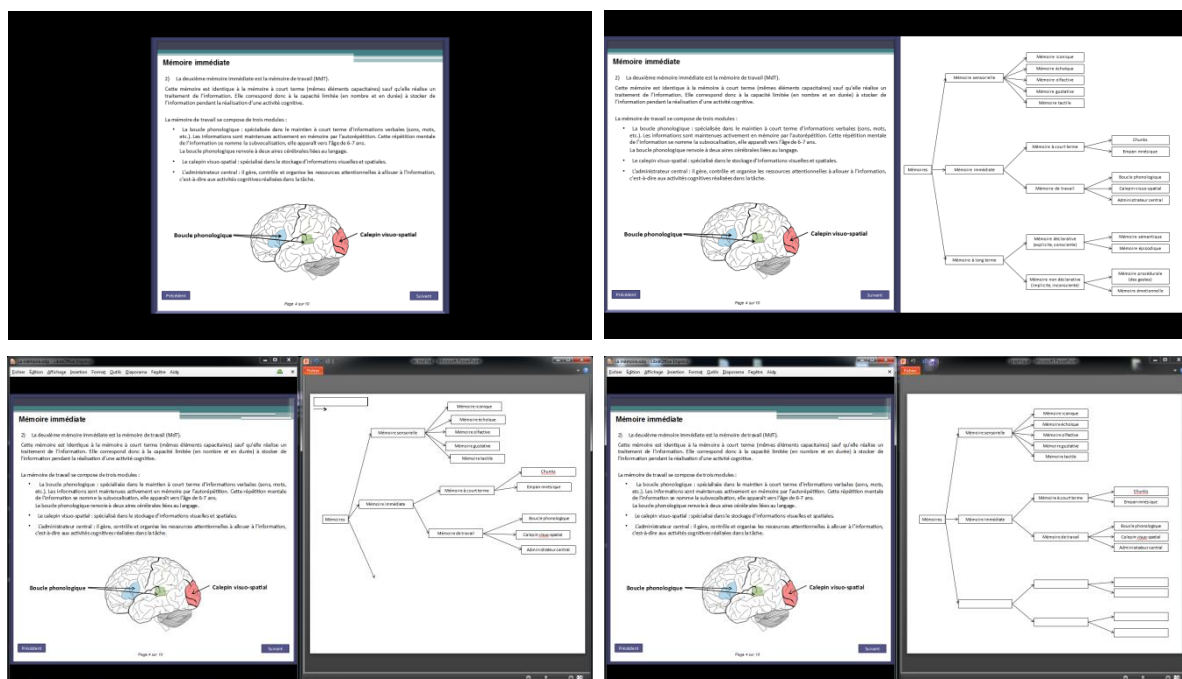


Figure 28. Copies d'écrans des conditions contrôle (en haut à gauche), « graphique donné » (en haut à droite), « graphique auto-généré total » (en bas à gauche) et « graphique auto-généré partiel » (en bas à droite).

3.2. Matériel

3.2.1. Tutoriels vidéos

Quatre tutoriels vidéos ont été construits en utilisant le même contenu pédagogique pour chacun des groupes. Ces tutoriels vidéos constituaient des exemples de document d'apprentissage pour les étudiants afin de leur expliquer les consignes de l'étude. Le contenu pédagogique utilisé pour ces tutoriels traitait des

différentes phases de la mitose (voir Annexe 1). En condition contrôle, le tutoriel vidéo comprenait seulement le document multimédia (3 min 27 secondes) tandis qu'en condition « graphique donné », celui-ci était également accompagné d'un graphique organisateur (3 min 32 secondes, voir Annexe 2). Ces deux tutoriels vidéos étaient identiques à ceux utilisés en condition contrôle et en condition « graphique statique » dans la première étude. Dans les deux conditions « graphique auto-généré », le tutoriel avait pour objectif de montrer aux étudiants comment un graphique organisateur était construit ou complété en utilisant un outil d'édition. Le tutoriel créé pour la condition « graphique auto-généré total » durait 4 minutes et 7 secondes (identique à celui de l'étude 1) tandis que celui de la condition « graphique auto-généré partiel » durait 3 minutes et 56 secondes. À la fin du visionnement du tutoriel, afin de s'assurer que les étudiants aient bien compris comment utiliser l'interface de l'outil d'édition, il leur était demandé de reproduire un graphique organisateur composé de trois boîtes interconnectées avec deux flèches en condition « graphique auto-généré total » (voir Annexe 6) ou de compléter trois cases vides du graphique en condition « graphique auto-généré partiel ». Dans les deux cas, cette tâche de recopie durait moins d'une minute (voir Annexe 8).

3.2.2. Environnements d'apprentissage

Le matériel d'apprentissage utilisé pour cette étude était identique à celui utilisé dans les études 1 et 2 (voir Annexe 3). Pour rappel, ce document portait sur les différents systèmes de la mémoire. Il se composait d'une diapositive d'introduction, d'une diapositive de consigne, de 9 diapositives de contenu (chacune composée d'un texte explicatif compris entre 150 et 200 mots et d'une illustration correspondant à une représentation schématique du cerveau) ainsi que d'une diapositive de fin constituée de deux boutons qui permettaient aux étudiants soit de revoir les informations présentées dans le document (« *Accéder à la page précédente* ») ou bien d'accéder au questionnaire d'apprentissage (« *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* »). Au total, les diapositives de contenu du document multimédia étaient composées de 1500 mots et de 9 illustrations. Le rythme du document était laissé libre aux étudiants dans tous les groupes de l'étude, chacune des diapositives étant composée d'un bouton précédent et suivant.

En fonction de la condition, le document multimédia était soit centré sur l'écran (condition contrôle) ou bien à la gauche de l'écran avec à la droite de celui-ci le graphique organisateur (groupe « graphique donné »). Dans la condition « graphique auto-généré total », un outil d'édition était placé sur la partie droite de l'écran. Cet outil permettait aux étudiants de construire le graphique organisateur en déplaçant des boîtes et des flèches placées dans le haut de la fenêtre. En condition « graphique auto-généré partiel », le même outil d'édition était utilisé, toutefois ici le squelette du graphique organisateur était déjà réalisé, voir Figure 28.

Tout comme dans l'étude 1, le graphique organisateur donné et à construire correspondait à une structure hiérarchique en 3 niveaux. Celui-ci contenait 21 informations liées à la macrostructure du document multimédia : 3 informations au niveau 1, 9 au niveau 2 et 9 au niveau 3. Il était également constitué de 21 relations hiérarchiques (i.e., lien entre les informations indiquées par des flèches). En condition « graphique auto-généré total », les étudiants devaient glisser-déposer des boîtes et des flèches afin de créer la structure hiérarchique du texte. Ils devaient également inscrire les informations liées à la macrostructure au sein de ces boîtes et relier les boîtes entre elles avec des flèches en fonction des liens entretenus entre les informations. En condition « graphique auto-généré partiel », le squelette de la structure hiérarchique du document multimédia était déjà créé et fourni aux étudiants. Les étudiants de ce groupe n'avaient donc qu'à compléter les boîtes vides du graphique organisateur avec les informations liées à la macrostructure du texte.

3.3. Mesures

3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques

Avant de visionner le document, les étudiants complétaient un questionnaire de connaissances préalables visant à évaluer leur niveau d'expertise sur le thème de l'étude (voir Annexe 4). Ce document était constitué de 5 questions ouvertes pour un score total de 8 points. Ce test visait également à recueillir le genre et l'âge des participants.

3.3.2. Difficulté perçue du document d'apprentissage

À la suite du visionnement du document multimédia, les étudiants évaluaient la difficulté du document d'apprentissage sur trois items présentés sous la forme d'une échelle de Likert en 9 points, allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 9 « Tout à fait d'accord » (e.g., *Il était difficile d'apprendre avec ce document*, voir Annexe 9). Ces items correspondent à une adaptation française d'items utilisés dans plusieurs études de psychologie cognitive (e.g., DeLeeuw & Mayer, 2008 ; Moreno, Reislén, & Ozogul, 2010 ; Moreno & Valdez, 2005 ; Paas, 1992). L'alpha de Cronbach pour cette échelle était de $\alpha = .895$ suggérant une très bonne consistance interne.

3.3.3. Questionnaire d'apprentissage

Le questionnaire d'apprentissage utilisé ici est le même que celui de l'étude 1 et 2 (voir Annexes 11 et 12). Pour rappel celui-ci se divisait en deux parties :

- Questionnaire de **mémorisation**
 - Pour **les informations représentées dans le graphique organisateur** : 12 questions ouvertes sur la **macrostructure**, 7 questions ouvertes sur les **relations hiérarchiques** entretenues entre les informations ;
 - Pour les **informations non représentées dans le graphique organisateur** : 12 questions ouvertes sur la **microstructure**, 8 questions à choix multiples sur les **illustrations**.
- Questionnaire de **transfert des connaissances**
 - 6 questions ouvertes

3.3.4. Temps d'apprentissage

Le temps d'apprentissage total passé sur l'ensemble du document était recueilli pour chaque participant. Ce temps était calculé à partir du début de la lecture du document jusqu'au moment où les étudiants cliquaient sur le bouton de la dernière diapositive « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* ».

3.4. Procédure

Les participants étaient tout d'abord accueillis dans une salle d'expérience du LP3C de l'Université Rennes 2. L'expérimentateur leur expliquait les différentes phases de l'étude puis leur donnait un formulaire de consentement expliquant davantage l'étude réalisée et informant les participants du caractère anonyme des données recueillies (voir Annexe 5). En outre, il était clairement indiqué aux étudiants qu'ils consulteraient un document multimédia sur ordinateur et qu'ils devraient apprendre les informations présentées afin de répondre à un questionnaire d'apprentissage après son visionnement. Après avoir pris connaissance du questionnaire de consentement, les étudiants étaient invités à répondre au questionnaire de connaissances préalables puis étaient aléatoirement répartis dans une des quatre conditions de l'étude. Ensuite, les étudiants consultaient le tutoriel vidéo correspondant à la condition dans laquelle ils avaient été assignés. L'expérimentateur répondait alors aux questions éventuelles des participants avant de lancer le document multimédia ainsi que le logiciel BBFlashback permettant de recueillir le temps total passé sur le document et la construction du graphique organisateur dans les deux conditions « graphique auto-généré ». Il était indiqué aux étudiants qu'aucune prise note n'était autorisée pendant la consultation du document de la même façon qu'aucun document n'était autorisé pendant la complétion du questionnaire d'apprentissage. À la fin du document multimédia, après avoir cliqué sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* », les trois items de difficulté perçue apparaissaient à l'écran, puis le questionnaire de mémorisation suivi du questionnaire de transfert des connaissances étaient complétés par les étudiants. Enfin, les étudiants étaient remerciés pour leur participation à l'étude.

3.5. Analyse des données

Une MANOVA a été réalisée sur les données recueillies suivie par des analyses de variances réalisées à partir du logiciel statistique IBM SPSS, puis par des comparaisons planifiées afin de comparer les performances des étudiants sur les variables dépendantes du questionnaire d'apprentissage (score de mémorisation et de transfert des connaissances) ainsi que sur le temps d'apprentissage.

4. Résultats

4.1. Analyses préliminaires

Dans la mesure où chaque hypothèse de cette étude repose sur des comparaisons spécifiques entre les quatre groupes, une MANOVA suivie d'ANOVA ont d'abord été conduites afin de tester les effets principaux des conditions sur les performances d'apprentissage des étudiants sur la mémorisation des informations représentées dans le graphique (macrostructure des informations, relations hiérarchiques entretenues entre les informations), la mémorisation des informations non représentées dans le graphique (microstructure, informations illustrées) ainsi que la compréhension des informations présentées (transfert des connaissances), voir Tableau 7.

La MANOVA réalisée sur l'ensemble des catégories du questionnaire d'apprentissage montre des différences significatives entre les quatre groupes de l'étude, Lambda de Wilks = 1.813, $p = .035$.

Tableau 7. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.

	Contrôle		Graphique donné		Graphique auto-généré total		Graphique auto-généré partiel		F	p	η^2
	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)					
Questionnaire de mémorisation											
Informations représentées	7.09 (2.82)	9.63 (1.97)	6.30 (3.44)	9.19 (2.24)	7.417	< .001	.224				
Relations hiérarchiques /7	5.40 (1.64)	6.55 (0.83)	5.45 (1.43)	6.38 (1.07)	4.525	.006	.150				
Informations non représentées	6.85 (2.76)	8.80 (1.88)	6.45 (2.14)	8.31 (2.04)	5.234	.002	.169				
Information illustrées /8	5.45 (1.93)	5.90 (1.97)	5.45 (2.35)	5.86 (1.56)	.321	.810	.012				
Questionnaire de transfert /6	1.73 (1.68)	3.60 (1.70)	1.78 (1.99)	3.17 (1.58)	5.900	.001	.187				
Difficulté perçue	4.18 (1.82)	3.37 (1.80)	4.60 (1.99)	3.60 (1.53)	3.264	.026	.113				
Temps d'apprentissage (min)	18.42 (7.41)	22.28 (6.29)	31.00 (9.12)	26.70 (6.72)	10.523	< .001	.291				

4.2. L'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia peut-il améliorer les performances d'apprentissage des étudiants ?

Des comparaisons planifiées ont été réalisées entre le groupe contrôle et le groupe « graphique donné ». En accord avec nos premières hypothèses H1a et H1b, les analyses statistiques révèlent que les étudiants consultant le document multimédia accompagné d'un graphique organisateur ont obtenu des performances significativement plus élevées que le groupe consultant le même document sans graphique organisateur au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique : macrostructure, $t(77) = 3.248, p = .003$, et relations hiérarchiques, $t(77) = 2.808, p = .009$. De plus, le groupe « graphique organisateur donné » a également obtenu de meilleures performances que le groupe contrôle au questionnaire de mémorisation portant sur les informations non représentées dans le graphique organisateur, à savoir la microstructure, $t(77) = 2.612, p = .013$. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée pour les questions portant sur les informations illustrées, $t(77) = .729, p = .470$. En outre, comme prédit par l'hypothèse H1c, les analyses révèlent que les étudiants du groupe « graphique organisateur donné » obtiennent de meilleurs scores au questionnaire de transfert des connaissances que les étudiants du groupe contrôle, $t(77) = 3.461, p = .001$, voir Figure 29. Contrairement à l'hypothèse 1d, aucune différence significative n'a été obtenue entre les deux groupes sur le temps total passé sur le document d'apprentissage.

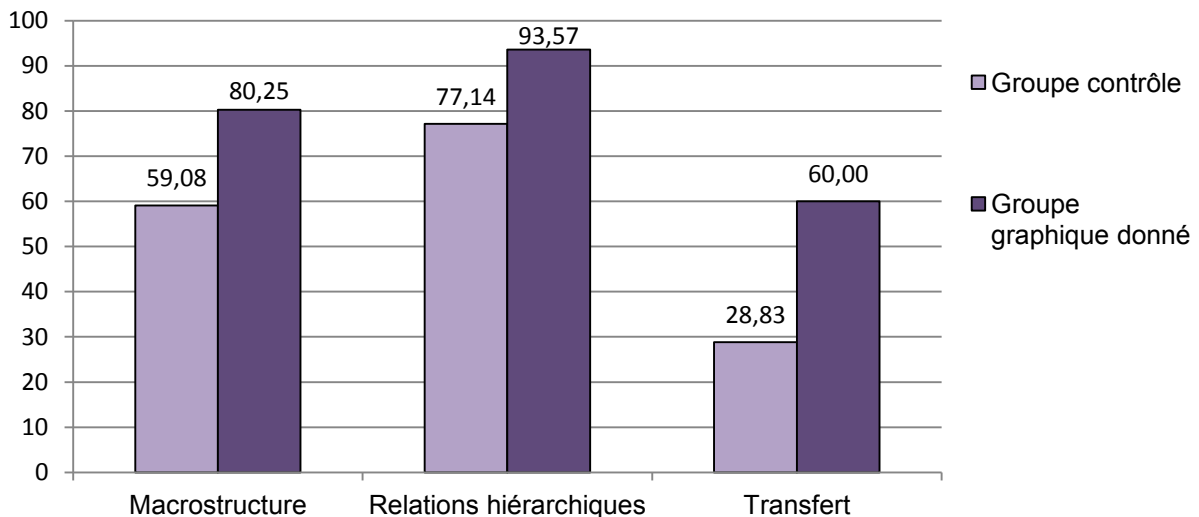


Figure 29. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

4.3. L’auto-génération totale d’un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l’apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d’un graphique organisateur ?

Les analyses statistiques réalisées indiquent que le groupe « graphique donné » a obtenu des performances d’apprentissage significativement plus élevées que celles du groupe « graphique auto-généré total » au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique organisateur. En effet, comme prédit par l’hypothèse 2a et 2b issues de l’hypothèse de la charge cognitive, ces étudiants ont obtenu de meilleures performances aux questions portant sur la macrostructure du document multimédia, $t(77) = 3.856$, $p = .001$, ainsi qu’aux questions de mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les informations essentielles présentées, $t(77) = 2.976$, $p = .006$, voir Figure 30. En outre, ces étudiants ont également obtenus de meilleurs scores de mémorisation de la microstructure du document, $t(77) = 3.690$, $p = .001$. Aucune différence n’a été observée aux questions de mémorisation portant sur les informations illustrées, $t(77) = .656$, $p = .516$. Enfin, les résultats indiquent que les étudiants du groupe

« graphique donné » avaient une meilleure compréhension du document multimédia comparativement aux étudiants du groupe « graphique auto-généré total », comme en témoignent les analyses conduites sur les questions de transfert des connaissances, $t(77) = 3.077, p = .004$. Ce dernier résultat va alors dans le sens de l'hypothèse 2c de la charge cognitive.

Conformément à l'hypothèse 2d, les étudiants devant générer un graphique organisateur totalement passaient significativement plus de temps sur le document d'apprentissage que ceux consultant seulement le document multimédia accompagné du graphique organisateur, $t(77) = 3.514, p = .001$. En outre, les étudiants du groupe « graphique auto-généré total » ont rapporté une difficulté perçue significativement plus importante que celle rapportée par les étudiants du groupe « graphique donné », $t(77) = 2.056, p = .047$, ce qui va dans le sens de l'hypothèse H2e.

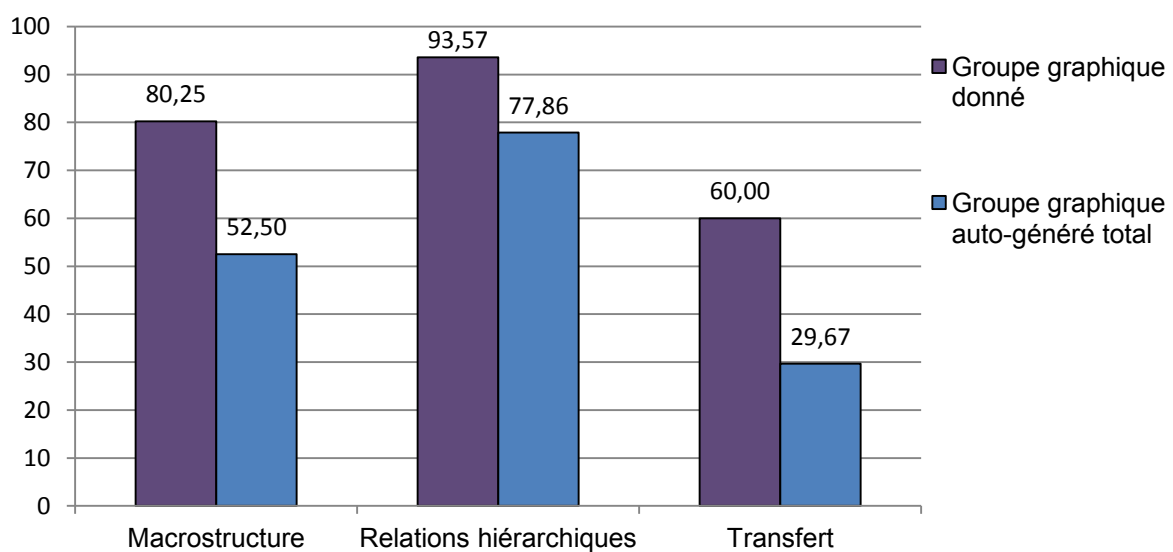


Figure 30. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré total » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

Analyses complémentaires

L'ensemble des graphiques organisateurs générés en condition « graphique auto-généré total » a été analysé qualitativement. Les analyses qualitatives conduites indiquent que les graphiques organisateurs auto-générés par les étudiants étaient de très bonne qualité. En effet, 90% des étudiants ont correctement noté les 21 informations liées à la macrostructure du document multimédia dans le graphique organisateur. De plus, 85% ont parfaitement reproduit la structure hiérarchique du document (relations hiérarchiques indiquées par les flèches). Seuls deux étudiants ont oublié une et deux flèches sur les 21.

À titre d'information, des analyses de contraste complémentaires ont été réalisées entre le groupe contrôle et le groupe « graphique auto-généré total » afin d'observer les effets de l'activité de génération totale d'un graphique. Les résultats indiquent que l'activité de génération n'est ni bénéfique ni néfaste à l'apprentissage des étudiants. En effet, aucune différence significative n'est observée entre le groupe contrôle et le groupe « graphique auto-généré total » sur l'ensemble du questionnaire d'apprentissage.

4.4. L'auto-génération partielle d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle l'apprentissage comparée à la consultation de ce même document accompagné d'un graphique organisateur ?

Le groupe « graphique donné » a ici été comparé au groupe « graphique auto-généré partiel » où les étudiants devaient compléter le squelette d'un graphique organisateur. Contrairement à ce qui était postulé par l'hypothèse 3a et 3b, aucune différence significative n'a été obtenue entre les deux groupes au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur : macrostructure, $t(77) = .630$, $p = .532$, et relations hiérarchiques, $t(77) = .568$, $p = .574$. Il n'y avait également pas de différence de performances entre le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré partiel » aux questions de

mémorisation des informations non représentées dans le graphique organisateur : microstructure, $t(77) = .763$, $p = .450$ et informations illustrées, $t(77) = .077$, $p = .939$. En outre, aucune différence n'a été obtenue au questionnaire de transfert des connaissances entre les deux groupes, $t(77) = .897$, $p = .375$, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse 3c, voir Figure 31.

La comparaison planifiée réalisée sur l'échelle d'évaluation subjective de la difficulté perçue du document ne révèle aucune différence significative entre le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré partiel », $t(77) = .611$, $p = .545$. Aussi, les étudiants devant compléter un graphique organisateur pendant la phase d'apprentissage ont passé significativement plus de temps sur le document que ceux visionnant le document accompagné du graphique organisateur, $t(77) = 2.169$, $p = .036$.

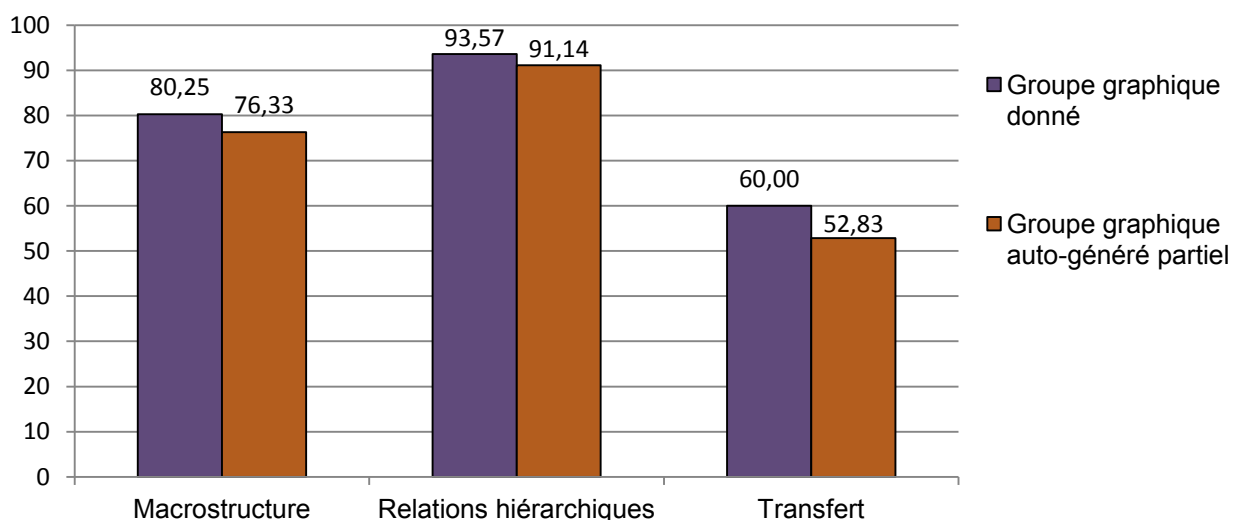


Figure 31. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré partiel » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

Analyses complémentaires

Des analyses qualitatives ont également été réalisées sur les graphiques organisateurs complétés en condition « graphique auto-généré partiel ». Ces analyses indiquent que tous les étudiants de ce groupe ont parfaitement complété le squelette du graphique organisateur avec les 21 informations liées à la macrostructure du document.

De plus, les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » ont, tout comme les étudiants du groupe « graphique donné », obtenu des performances significativement supérieures au questionnaire d'apprentissage comparativement aux étudiants du groupe contrôle (i.e., sur les mêmes mesures d'apprentissage).

4.5. La génération partielle d'un graphique organisateur entraîne-t-elle de meilleures performances comparativement à une génération totale ?

Des comparaisons planifiées ont été réalisées entre le groupe « graphique auto-généré partiel » et le groupe « graphique auto-généré total ». Conformément à l'hypothèse 4a et 4b, les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » ont obtenu des scores de mémorisation significativement plus élevés que ceux du groupe « graphique auto-généré total » pour les questions portant sur les informations représentées dans le graphique organisateur : macrostructure, $t(77) = 3.242$, $p = .003$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 2.348$, $p = .025$. Les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » ont également obtenu de meilleures performances au questionnaire de mémorisation pour les questions portant sur les informations liées à la microstructure du document, $t(77) = 2.887$, $p = .006$, comparativement aux étudiants du groupe « graphique auto-généré total ». Aucune différence significative n'a été observée pour les questions de mémorisation portant sur les informations illustrées, $t(77) = .650$, $p = .520$. Aussi, les résultats obtenus au questionnaire de transfert des connaissances indiquent que la génération partielle du graphique organisateur a entraîné une meilleure compréhension du document par les étudiants comparée à la génération totale du graphique organisateur, $t(77) = 2.398$, $p = .022$, ce qui va dans le sens de l'hypothèse 4c, voir Figure 32.

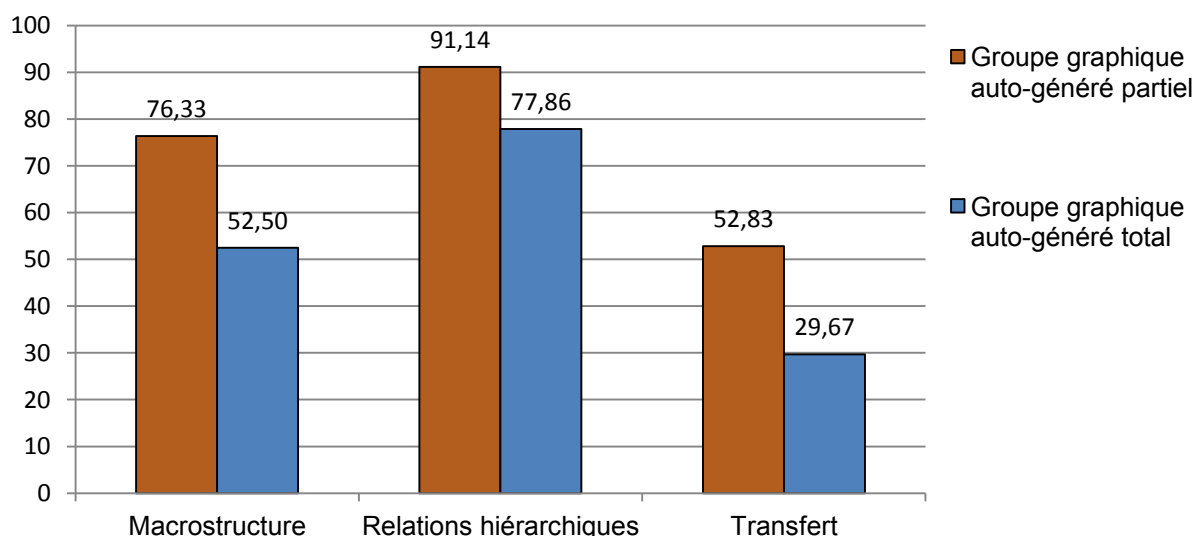


Figure 32. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique auto-généré partiel » et le groupe « graphique auto-généré total » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances

Contrairement à l'hypothèse 4d, aucune différence significative n'a été obtenue entre les deux groupes sur le temps total passé sur le document multimédia, ($t(77) = 1.731, p = .092$). Enfin, en accord avec l'hypothèse 4e, les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » ont évalué la difficulté perçue du document comme étant moins importante comparativement aux étudiants du groupe « graphique auto-généré total », ($t(77) = 2.789, p = .008$).

5. Discussion

5.1. Contributions théoriques et empiriques

Cette étude visait à répondre à quatre questions de recherche. Notre première question portait sur les **effets de l'ajout d'un graphique organisateur à un document multimédia**. Dans la lignée des résultats rapportés dans la littérature, cette étude a montré que l'ajout d'un graphique organisateur présentant les informations essentielles du document ainsi que leurs relations hiérarchiques a permis d'améliorer les performances d'apprentissage des étudiants (e.g., Robinson & Kiewra, 1995 ; Vekiri, 2002). Plus précisément, cela a non seulement amélioré les scores de mémorisation des informations représentées sur le graphique organisateur

(macrostructure et relations hiérarchiques) mais également les scores de mémorisation des informations non représentées dans le graphique organisateur (microstructure) comparativement au groupe contrôle étudiant le document multimédia seul. De plus, les scores obtenus au questionnaire de transfert des connaissances indiquent que les étudiants pour lesquels un graphique organisateur est ajouté au document multimédia ont une meilleure compréhension du document que les étudiants du groupe contrôle. Ces résultats étoffent davantage les effets positifs sur l'apprentissage des graphiques organisateurs rapportés dans la littérature (e.g., Kiewra, Kauffman, Robinson, Dubois, & Stanley, 1999 ; Robinson & Schraw, 1994) et approfondissent nos connaissances actuelles de ces effets dans des environnements d'apprentissage assistés par ordinateur. Dans la mesure où les graphiques organisateurs permettent de présenter les informations essentielles du document ainsi que leurs relations hiérarchiques, ils permettent de grandement faciliter les processus de sélection et d'organisation des informations réalisés par les étudiants. En effet, les graphiques agissent comme des aides visuelles à partir desquelles les étudiants peuvent construire un modèle mental cohérent des informations qui leur sont présentées.

Les questions les plus intéressantes ici reposent sur la **comparaison des effets d'un apprentissage apparemment « passif »⁴ à un apprentissage « actif » sur les performances d'apprentissage** des étudiants. Ainsi, la seconde question de recherche de cette étude visait à comparer les performances d'apprentissage des étudiants consultant un graphique organisateur déjà fait aux performances des étudiants générant totalement un graphique organisateur pendant leur lecture du document. En accord avec les résultats négatifs rapportés dans la littérature sur les effets de l'auto-génération d'un graphique organisateur sur l'apprentissage (e.g., Stull & Mayer, 2007), nos résultats montrent également que l'auto-génération totale d'un graphique organisateur diminue les performances d'apprentissage des étudiants pour la mémorisation des informations représentées (macrostructure, relations hiérarchiques) et non représentées (microstructure) dans le graphique. En outre, les résultats démontrent que les étudiants du groupe « graphique donné » obtiennent

⁴ Bien que l'étudiant soit passif au niveau comportemental dans l'activité d'apprentissage, cela ne signifie pas forcément qu'il est également passif au niveau cognitif. Conscients de cette limite, ces éléments seront discutés dans la dernière partie de cette thèse.

des performances significativement plus élevées que le groupe « graphique auto-généré total » au questionnaire de transfert des connaissances. Aussi, dans la lignée des travaux de Stull et Mayer (2007) et de nos études précédentes, nos résultats vont dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive et à l'encontre de l'hypothèse de génération. Il est possible que cette activité de génération ait été trop difficile et a nécessité trop d'efforts de la part des étudiants pour être réalisée. Ainsi, comme le révèlent les résultats obtenus à l'échelle de difficulté perçue, les étudiants devaient allouer une quantité d'efforts cognitifs considérable pour réaliser la tâche ce qui ne leur laissait peut-être pas assez de ressources cognitives pour s'engager dans le traitement profond des informations présentées. Aussi, malgré le fait que les étudiants du groupe « graphique auto-généré total » généraient des graphiques organisateurs de très bonnes qualités, ils n'en tiraient aucun bénéfice. Cela pourrait alors s'expliquer par les demandes requises par la tâche en termes de temps et de difficulté perçue.

La troisième question de recherche s'intéressait à la **comparaison des performances d'apprentissage des étudiants ayant le graphique organisateur donné à ceux générant le graphique organisateur partiellement**. Lorsque la tâche de génération était facilitée en donnant aux étudiants le squelette du graphique organisateur à compléter, l'ensemble des effets négatifs décrits précédemment n'étaient plus observés. En effet, les différences obtenues entre le groupe « graphique donné » et le groupe générant un graphique n'étaient plus significatives lorsque le groupe « graphique donné » était comparé au groupe « graphique auto-généré partiel ». Comme le montre le Tableau 7, les performances d'apprentissage des étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » étaient très proches de celles des étudiants du groupe « graphique donné » au questionnaire de mémorisation et de transfert des connaissances. Ainsi, en allégeant les demandes de la tâche, davantage de ressources cognitives étaient laissées aux étudiants afin de traiter profondément le document ce qui a pu leur permettre d'accéder au même niveau de compréhension que ceux recevant le graphique organisateur complet. Toutefois, les étudiants de ce groupe auto-généré passaient toujours plus de temps sur le document d'apprentissage comparativement aux étudiants du groupe « graphique donné » sans pour autant obtenir de meilleures performances au questionnaire d'apprentissage. Ainsi, contrairement aux résultats rapportés par

Ponce et Mayer (2014), ces résultats ne vont pas dans le sens d'un effet de génération positif sur l'apprentissage dû à l'implication active des étudiants dans la tâche de complétion des boîtes vides du graphique organisateur.

Finalement, notre quatrième question de recherche visait à **comparer les effets de deux types d'auto-génération sur l'apprentissage : l'auto-génération totale versus l'auto-génération partielle**. La comparaison de ces deux groupes révèle que la simplification de l'activité de génération via la présence du squelette du graphique organisateur a permis de grandement augmenter les performances d'apprentissage des étudiants au questionnaire de mémorisation des informations représentées (macrostructure et relations hiérarchiques) et non représentées. Le groupe « graphique auto-généré partiel » a également obtenu des scores significativement plus élevés que le groupe « graphique auto-généré total » au questionnaire de transfert des connaissances. De plus, du fait de la diminution de la complexité de la tâche, les étudiants ont rapporté moins de difficulté perçue que les étudiants devant générer le graphique organisateur totalement. Ces résultats indiquent alors que le *scaffolding* utilisé ici était efficace pour réduire les processus incidents induits par la tâche mais cependant insuffisant pour favoriser les processus de génération, comme le démontrent les résultats de cette étude.

5.2. Limites et perspectives futures

Dans cette étude, contrairement à nos hypothèses, même si l'activité de génération était facilitée en fournissant le squelette du graphique organisateur aux étudiants, aucun effet positif de l'apprentissage « actif » face à un apprentissage « passif » n'a été obtenu. De plus, les résultats indiquent que les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » généraient des graphiques organisateurs d'une qualité excellente sans rapporter une difficulté perçue plus importante. Finalement, en fournissant le squelette du graphique organisateur aux étudiants, cela leur a permis d'obtenir le même niveau d'apprentissage des étudiants du groupe « graphique donné » et d'obtenir des performances d'apprentissage supérieures à la fois face au groupe « graphique auto-généré total » et au groupe contrôle. L'absence de différence entre le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré partiel » pourrait être dû au fait que les étudiants de ce dernier groupe n'aient pas été assez actifs dans la tâche d'auto-génération. Lorsque l'on demande aux

étudiants d'auto-générer totalement un graphique organisateur, la tâche nécessite trop d'efforts de la part des étudiants pour être réalisée (glisser-déposer les boîtes, les flèches, etc.) et par conséquent diminue leur apprentissage. Cependant, lorsque l'on demande aux étudiants de compléter le squelette d'un graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré partiel »), la tâche de génération devient plus facile à réaliser mais peut-être n'est-elle pas assez engageante. En effet, la tâche nécessite seulement que les étudiants écrivent les informations principales du texte dans les boîtes vides. Il est possible que cette activité n'ait pas assez impliqué les étudiants dans des processus de génération dans la mesure où il leur était possible de seulement recopier les informations du texte dans les boîtes sans essayer d'extraire le sens du graphique organisateur qu'ils étaient en train de réaliser. Aussi, de futures études devraient éviter ce potentiel manque d'engagement des étudiants dans la tâche en évitant qu'ils recopient simplement les informations du texte. Cela pourrait être réalisé en demandant aux étudiants de générer le graphique organisateur sans avoir accès au texte à côté du graphique.

5.3. Conclusion

Pour résumer cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les effets des graphiques organisateurs sur les performances d'apprentissage des étudiants. Les résultats nous ont montré que 1) l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore les performances d'apprentissage des étudiants, 2) l'auto-génération totale d'un graphique organisateur diminue l'apprentissage des étudiants face à ceux ayant un graphique organisateur donné (hypothèse de la charge cognitive), 3) lorsqu'un *scaffolding* est réalisé, les effets néfastes de l'auto-génération sur les performances d'apprentissage disparaissent et les étudiants générant un graphique organisateur partiel obtiennent le même niveau d'apprentissage que ceux ayant un graphique organisateur complet qui leur est fourni avec le document. En outre, l'activité de génération a également augmenté le temps total passé sur le document d'apprentissage. Ainsi, contrairement aux effets positifs pouvant être attendus avec les activités de génération, les résultats obtenus dans cette étude ne montrent aucun effet bénéfique sur l'apprentissage du fait d'être actif au niveau comportemental en générant partiellement ou totalement un graphique organisateur.

Principaux résultats de l'étude 3 :

Guider les étudiants dans la génération d'un graphique organisateur : comparaison d'une génération totale à une génération partielle

- *Les résultats de cette étude répliquent les résultats obtenus à l'étude 1 :*
 - *La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur a amélioré la mémorisation des informations représentées sur le graphique (i.e., macrostructure du document, relations hiérarchiques) ainsi que la compréhension globale du document comparativement au groupe contrôle.*
 - *L'activité de génération totale d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia a significativement diminué les performances des étudiants aux questions de mémorisation de l'information (i.e., macrostructure, relations hiérarchiques) et aux questions de compréhension du document face aux étudiants pour qui le graphique était donné.*
- *En demandant aux étudiants de réaliser une activité d'auto-génération d'un graphique organisateur partielle (i.e., compléter le squelette du graphique organisateur), cela a permis de diminuer les exigences de la tâche. Ainsi, les résultats montrent que les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » obtiennent le même niveau de performance que les étudiants du groupe « graphique donné ».*
 - *Cependant, les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » passent plus de temps sur le document que les étudiants du groupe « graphique donné ».*
 - *Tout comme les étudiants du groupe « graphique donné », les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » ont obtenu des performances significativement plus élevées que les étudiants du groupe contrôle ainsi que les étudiants du groupe « graphique auto-généré total ».*

CHAPITRE 4

Étude 4 : Éviter la situation de recopie : la construction d'un graphique sans accès simultané au document

1. Introduction

L'étude précédente nous montre que les étudiants ayant pour consigne d'auto-générer un graphique organisateur partiellement lors de l'apprentissage d'un document multimédia (i.e., complétion des boîtes vides du graphique) obtiennent le même niveau de performance au questionnaire d'apprentissage que les étudiants pour qui le graphique organisateur complet est fourni avec le document. Ainsi, en augmentant davantage l'implication des étudiants dans la tâche cela pourrait conduire les étudiants du groupe auto-généré à obtenir de meilleures performances face aux étudiants du groupe « graphique donné ». En effet, nous pouvons faire l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré partiel » de l'étude 3 ont seulement recopié les informations contenues dans le texte de façon superficielle. Nous avons alors reproduit l'étude 3 en ajoutant une nouvelle variable afin d'augmenter l'engagement des étudiants dans l'activité de génération en vue de les amener à traiter plus profondément les informations présentées. Cette nouvelle variable correspond à la possibilité d'avoir accès ou non aux informations du document lors de la présence (i.e., graphique donné) ou de l'auto-génération partielle du graphique. Cette contrainte peut être considérée comme étant une « difficulté désirable » pour les étudiants dans la mesure où elle vise à améliorer le processus d'encodage réalisé par les étudiants nécessaire à un apprentissage de qualité (Bjork & Bjork, 2011). Bien que la tâche soit plus difficile à réaliser, celle-ci devrait tout de même entraîner de meilleures performances d'apprentissage des étudiants du fait des bénéfices qu'elle apporte en termes de traitement des informations présentées (Bjork, 1994).

En empêchant l'accès simultané au document lors de la complétion du graphique, les étudiants devront retenir les informations essentielles du texte en mémoire afin de les noter dans les boîtes vides du graphique organisateur lorsque cela leur sera demandé. Aussi, en contraignant l'accès simultané au document lors de la complétion du graphique, cela empêche la simple recopie des informations.

Cette nouvelle étude se compose donc d'un groupe contrôle, d'un groupe « graphique donné » avec accès simultané et avec accès différé au document et d'un groupe graphique auto-généré avec accès simultané et avec accès différé au document lors de la complétion.

2. Hypothèses opérationnelles

À partir des données issues de nos précédentes études, nous faisons l'hypothèse que l'ajout d'un graphique organisateur au texte améliorera les performances d'apprentissage des étudiants face aux étudiants du groupe contrôle (i.e., document multimédia seul) pour la mémorisation de la macrostructure H1a et des relations hiérarchiques H1b ainsi que pour le transfert des connaissances H1c.

Aucune différence n'est attendue entre le groupe « graphique donné avec accès simultané » et le groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » (comme observé dans l'étude précédente). Toutefois, nous nous attendons à un effet positif de la restriction de l'accès au document lors de la consultation du graphique organisateur (groupe « graphique donné avec accès simultané » < groupe « graphique donné avec accès différé ») pour la mémorisation de la macrostructure H2a et des relations hiérarchiques H2b ainsi que pour le transfert des connaissances H2c.

De la même façon, nous nous attendons à un effet bénéfique de la restriction de l'accès au document lors de l'activité de génération partielle du graphique (groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » < groupe « auto-généré avec accès différé ») pour la mémorisation de la macrostructure H3a et des relations hiérarchiques H3b ainsi que pour le transfert des connaissances H3c.

De plus l'augmentation des performances des étudiants de la condition « graphique auto-généré accès simultané » à la condition « graphique auto-généré accès différé » devrait être plus forte face à celle des groupes « graphique donné » du fait de l'implication des étudiants dans la tâche. Nous nous attendons alors à un effet d'interaction de la variable type de graphique organisateur (donné versus

généralisé) avec la variable type d'accès au document (simultané versus différé) sur la mémorisation de la macrostructure H4a, des relations hiérarchiques H4b, ainsi que sur les questions de transfert des connaissances H4c.

3. Méthode

3.1. Participants

Cent-quatre étudiants inscrits en deuxième année de licence de psychologie à l'Université Rennes 2 ont volontairement participé à cette étude. L'échantillon se compose de quatre-vingt-treize femmes et onze hommes ($M_{age} = 18.43$, $E.T. = 1.10$). Chaque participant était aléatoirement réparti dans une des cinq conditions de l'étude. La première condition correspondait à la présentation du document multimédia à l'écran ($n = 21$, groupe contrôle). Dans la deuxième et troisième condition, le document multimédia affiché à l'écran était accompagné d'un graphique organisateur affiché soit conjointement avec le document multimédia (groupe « graphique donné avec accès simultané », $n = 21$) soit en parallèle de celui-ci (groupe « graphique donné avec accès différé », $n = 21$). Dans cette étude, le groupe « graphique donné avec accès simultané » correspond au groupe « graphique donné » des études précédentes. Dans le quatrième et cinquième groupe, les étudiants devaient compléter les boîtes vides d'un graphique organisateur pendant la phase d'apprentissage du document multimédia. Les étudiants devaient compléter le squelette d'un graphique organisateur présenté soit conjointement avec le document multimédia (groupe « graphique auto-généré avec accès simultané », $n = 21$) soit en parallèle de celui-ci (groupe « graphique auto-généré avec accès différé », $n = 20$), voir Figure 33. Ici, le groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » était identique au groupe « graphique auto-généré partiel » de l'étude 3. Le document multimédia était identique pour tous les groupes de l'étude.

Avant de débuter le visionnement du document, les étudiants répondaient à un questionnaire de connaissances préalables visant à évaluer leur niveau d'expertise sur le thème du document multimédia allant être présenté (voir Annexe 4). Basé sur le critère de réussite de 50% ou plus à ce test, aucun étudiant n'a été exclu des analyses réalisées.

a)

Mémoire immédiate

2) La deuxième mémoire immédiate est la mémoire de travail (MT).

Cette mémoire est identique à la mémoire à court terme (mémoire à terme éphémère) sauf qu'elle réalise un traitement de l'information. Elle correspond donc à la capacité limitée (en nombre et en durée) à stocker de l'information pendant la réalisation d'une activité cognitive.

La mémoire de travail se compose de trois modules :

- La boucle phonologique : spécialisée dans le maintien à court terme d'informations verbales (sons, mots, etc.). Les informations sont maintenues activement en mémoire par l'auto-répétition. Cette répétition mentale de l'information se nomme la subvocalisation, elle apparaît vers l'âge de 7 ans.
- La boucle phonologique visuelle à deux axes combinés liés au langage.
- Le système visuo-spatial : spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales.
- L'administrateur central : il gère, contrôle et organise les ressources attentionnelles à allouer à l'information, c'est-à-dire aux activités cognitives réalisées dans la tâche.

Page 2 sur 10

b)

Mémoire immédiate

2) La deuxième mémoire immédiate est la mémoire de travail (MT).

Cette mémoire est identique à la mémoire à court terme (mémoire à terme éphémère) sauf qu'elle réalise un traitement de l'information. Elle correspond donc à la capacité limitée (en nombre et en durée) à stocker de l'information pendant la réalisation d'une activité cognitive.

La mémoire de travail se compose de trois modules :

- La boucle phonologique : spécialisée dans le maintien à court terme d'informations verbales (sons, mots, etc.). Les informations sont maintenues activement en mémoire par l'auto-répétition. Cette répétition mentale de l'information se nomme la subvocalisation, elle apparaît vers l'âge de 7 ans.
- La boucle phonologique visuelle à deux axes combinés liés au langage.
- Le système visuo-spatial : spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales.
- L'administrateur central : il gère, contrôle et organise les ressources attentionnelles à allouer à l'information, c'est-à-dire aux activités cognitives réalisées dans la tâche.

Page 2 sur 10

c)

Mémoire immédiate

2) La deuxième mémoire immédiate est la mémoire de travail (MT).

Cette mémoire est identique à la mémoire à court terme (mémoire à terme éphémère) sauf qu'elle réalise un traitement de l'information. Elle correspond donc à la capacité limitée (en nombre et en durée) à stocker de l'information pendant la réalisation d'une activité cognitive.

La mémoire de travail se compose de trois modules :

- La boucle phonologique : spécialisée dans le maintien à court terme d'informations verbales (sons, mots, etc.). Les informations sont maintenues activement en mémoire par l'auto-répétition. Cette répétition mentale de l'information se nomme la subvocalisation, elle apparaît vers l'âge de 7 ans.
- La boucle phonologique visuelle à deux axes combinés liés au langage.
- Le système visuo-spatial : spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales.
- L'administrateur central : il gère, contrôle et organise les ressources attentionnelles à allouer à l'information, c'est-à-dire aux activités cognitives réalisées dans la tâche.

Page 2 sur 10

Mémoire à long terme

Le troisième grand type de mémoire correspond à la mémoire à long terme (MTL).

Cette mémoire permet de stocker une quantité d'information à priori illimitée sur une très longue période (de quelques mois à plusieurs années).

La mémoire à long terme regroupe l'ensemble de nos souvenirs, de nos apprentissages et de notre histoire.

La mémoire à long terme se divise en deux sous-mémoires. Ces deux sous-mémoires se distinguent en fonction de l'organisation de la conscience lors de la récupération des souvenirs et de la capacité à verbaliser le souvenir qui est stocké.

1) Tout d'abord, le premier type de mémoire à long terme est la mémoire déclarative (dite explicite, consciente). La mémoire déclarative est la mémoire qui se développe le plus entre 3 et 20 ans. Cette mémoire est dite explicite dans la mesure où les contenus qui y sont stockés sont verbalisables (vous pouvez nommer et décrire les souvenirs). De plus, vous avez conscience de ce qu'elle contient. Le sujet peut donc récupérer consciemment et rapporter explicitement les informations stockées dans cette mémoire (par exemple, le sujet est capable de décrire un mot, de décrire un événement, etc.).

Page 3 sur 10

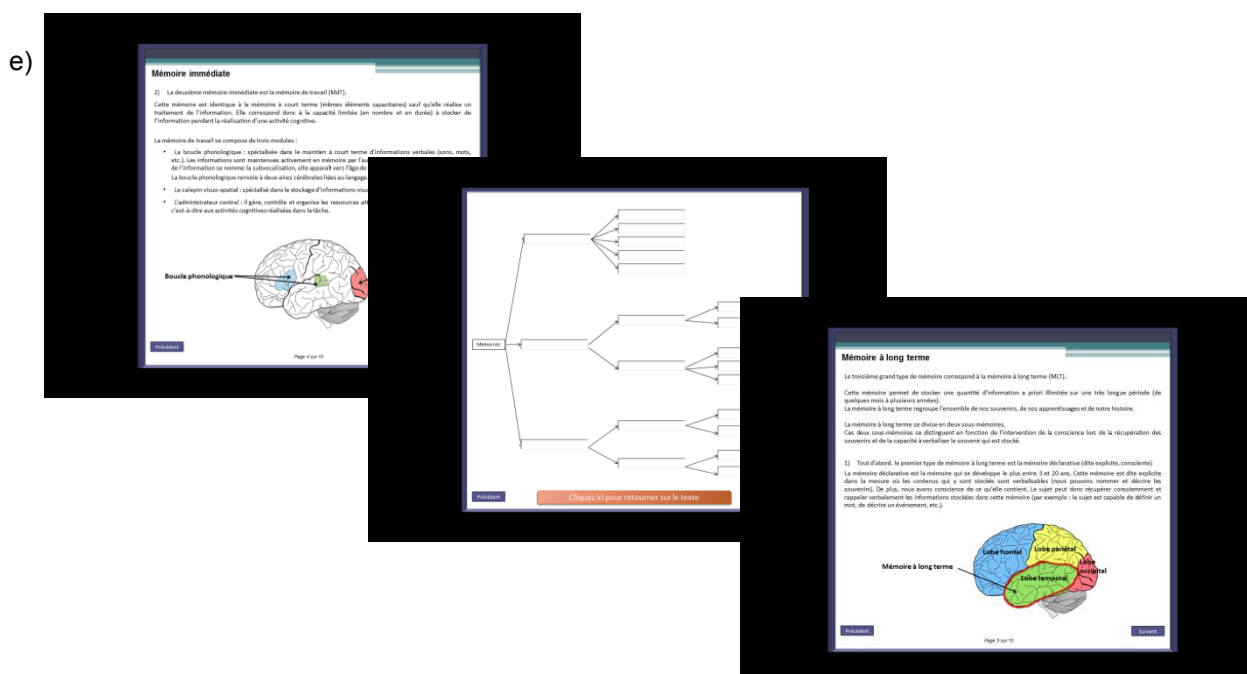
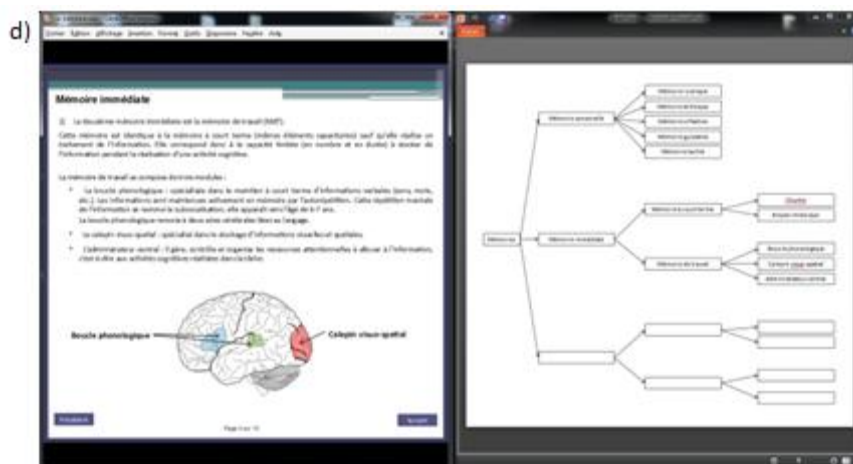


Figure 33. Copies d'écran des diaporamas pour a) le groupe contrôle, b) le groupe « graphique donné avec accès simultané », c) le groupe « graphique donné avec accès différé », d) le groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » et e) le groupe « graphique auto-généré avec accès différé ».

3.2. Matériel

3.2.1. Tutoriels vidéos et consignes

Pour chacune des conditions de l'étude, un tutoriel vidéo a été créé afin de montrer aux étudiants un exemple de document multimédia similaire à celui qu'ils

allaient devoir apprendre. Le document utilisé pour cet exemple était similaire au niveau de sa construction à celui utilisé pour l'étude, toutefois il traitait d'un sujet totalement différent, à savoir les différentes phases de la mitose (voir Préambule et Annexe 1). Ces tutoriels avaient pour objectif de transmettre les consignes aux étudiants selon la condition dans laquelle ils se trouvaient et de montrer aux deux groupes « graphique auto-généré » (avec accès simultané et différé au document) comment compléter les boîtes vides du graphique organisateur. Le tutoriel vidéo utilisé dans la condition contrôle correspondait à l'affichage du document multimédia à l'écran et durait 3 minutes 27 secondes. En condition « graphique donné avec accès simultané », le tutoriel vidéo était le même que celui de la condition contrôle excepté le fait que le document multimédia était accompagné d'un graphique organisateur affiché à côté du document (3 minutes 10 secondes). Le tutoriel vidéo construit pour la condition « graphique donné avec accès différé » était en tout point similaire à celui du groupe « graphique donné avec accès simultané » excepté le fait que le graphique donné était intercalé entre plusieurs diapositives (voir Figure 33). Ainsi, les étudiants n'avaient pas accès au document lorsqu'ils voyaient le graphique organisateur à l'écran (3 minutes 22 secondes). Les tutoriels vidéos créés pour les deux groupes graphique auto-généré correspondaient à l'enregistrement du document multimédia accompagné de la complétion du squelette d'un graphique organisateur. Celui-ci était complété soit à côté du document, au fil de la lecture (groupe « graphique auto-généré avec accès simultané », 3 minutes 56 secondes), soit à plusieurs reprises de façon intercalée avec les diapositives (groupe « graphique auto-généré avec accès différé », 4 minutes 14 secondes). Tous les étudiants de l'étude recevaient la même consigne d'apprentissage « *Lisez le document afin de retenir et de comprendre l'ensemble des informations présentées dans le document* ». Dans les deux conditions « graphique auto-généré », les étudiants étaient informés du fait qu'ils devraient compléter les boîtes vides du graphique organisateur pendant leur apprentissage du document multimédia. À la fin du visionnement du tutoriel, afin de s'assurer que les étudiants aient bien compris comment utiliser l'interface de l'outil d'édition, il leur était demandé de compléter trois boîtes vides du graphique dans les deux conditions « graphique auto-généré », voir Annexe 8.

3.2.2. Environnement d'apprentissage

Le document pédagogique utilisé pour cette étude était identique à celui utilisé dans les études précédentes (voir Annexe 3). Pour rappel ce document multimédia portait sur les différents types de mémoire et se décomposait de la façon suivante : 1 diapositive de titre, 1 diapositive de consigne, 9 diapositives de contenu (texte explicatif et illustrations), 1 diapositive de fin permettant de revoir les informations présentées ou bien d'accéder au questionnaire d'apprentissage. Le rythme du document était laissé libre aux apprenants (chacune des diapositives étant constituée d'un bouton précédent et suivant). Aucune prise de note et aucun document n'étaient autorisés lorsque les étudiants apprenaient le document multimédia et répondaient au questionnaire d'apprentissage.

En condition contrôle, le document multimédia était centré sur l'écran tout comme dans la condition « graphique donné avec accès différé au document ». Toutefois dans cette dernière condition, le document multimédia était intercalé avec des pages où le graphique organisateur était présenté. En condition « graphique auto-généré avec accès différé au document », les pages du document multimédia étaient intercalées avec un outil d'édition permettant de compléter les boîtes vides du graphique organisateur. En condition « graphique donné avec accès simultané », le document multimédia était placé à la gauche de l'écran avec à sa droite le graphique organisateur complété. Enfin, en condition « graphique auto-généré avec accès simultané », le document multimédia était placé à la gauche de l'écran avec à sa droite un outil d'édition permettant aux étudiants de compléter les boîtes vides du graphique organisateur, voir Figure 33.

Le graphique organisateur donné ou à compléter était identique à celui utilisé dans les études précédentes. Pour rappel, le graphique correspond à la structure hiérarchique du document multimédia constituée de 21 informations liées à la macrostructure du document (3 informations au niveau 1, 9 au niveau 2 et 9 au niveau 3) et de 21 liens entre les informations (relations hiérarchiques). Le squelette de ce graphique organisateur était fourni aux étudiants des deux groupes « graphique auto-généré ». Ces étudiants devaient alors cliquer sur les boîtes vides afin de noter les informations essentielles du document multimédia au sein du graphique organisateur.

3.3. Mesures

3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques

Comme dans les études précédentes, un premier test de connaissances préalables était à compléter par les étudiants afin d'évaluer leur niveau d'expertise sur le thème du document allant être étudié. Ce test était composé de cinq questions ouvertes pour un total de 8 points (e.g., *Quelle est la valeur de l'empan mnésique de la mémoire à court terme ?*, voir Annexe 4). Une question sur l'âge et le genre du participant était également posée via ce test.

3.3.2. Évaluation subjective de l'effort investi au cours de l'apprentissage

Avant de répondre au questionnaire d'apprentissage, les étudiants évaluaient **l'effort perçu** investi au cours de la phase d'apprentissage sur trois items présentés sous la forme d'une échelle de Likert en 9 points allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 9 « Tout à fait d'accord » (e.g., « *Apprendre avec ce document m'a demandé peu d'efforts* », voir Annexe 10). Les items utilisés dans cette étude correspondent à une adaptation française d'items utilisés dans plusieurs études de psychologie cognitive (e.g., DeLeeuw & Mayer, 2008 ; Moreno, Reislén, & Ozogul, 2010 ; Moreno & Valdez, 2005 ; Paas, 1992). L'alpha de Cronbach de cette échelle était $\alpha = .881$ suggérant une bonne consistance interne.

3.3.3. Performances d'apprentissage

Le questionnaire d'apprentissage utilisé pour cette étude est identique à celui utilisé dans les études précédentes (voir Annexes 11 et 12). Pour rappel, le questionnaire d'apprentissage est composé de 45 questions divisées en deux parties : un questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique organisateur (12 questions ouvertes sur la macrostructure et 7 questions ouvertes sur les relations hiérarchiques entretenues entre les informations) et des informations non représentées sur le graphique organisateur (12 questions ouvertes sur la microstructure et 8 questions à choix multiples sur les informations illustrées) ainsi qu'un questionnaire de transfert des connaissances (6 questions ouvertes).

3.3.4. Temps d'apprentissage

Le temps d'apprentissage passé sur le document multimédia a été calculé pour chacun des participants de l'étude. Ce temps a été calculé à partir du moment où l'étudiant commençait sa lecture du document jusqu'au moment où il cliquait sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* » de la dernière diapositive.

3.4. Procédure

Chaque étudiant a été reçu dans une salle expérimentale du laboratoire de psychologie de l'Université Rennes 2. Les sessions étaient individuelles et duraient chacune environ une heure. Tout d'abord, l'expérimentateur accueillait le participant et lui donnait un formulaire de consentement expliquant les modalités de l'étude ainsi que son déroulement (voir Annexe 5). Les étudiants complétaient ensuite le premier questionnaire de l'étude (questionnaire de connaissances préalables et données démographiques). Ensuite, chaque étudiant était aléatoirement réparti dans une des cinq conditions de l'étude. L'expérimentateur informait chaque étudiant sur le fait que leur objectif était d'apprendre les informations présentées dans le document afin de répondre au questionnaire d'apprentissage qui leur serait donné après leur consultation. Dans les deux conditions « graphique auto-généré », les étudiants étaient avertis du fait qu'ils devraient compléter les boîtes vides du squelette d'un graphique organisateur à l'écran, soit en ayant simultanément accès au document (groupe « graphique auto-généré avec accès simultané »), soit sans avoir accès à ce document (groupe « graphique auto-généré avec accès différé »). Les participants consultaient ensuite le tutoriel vidéo correspondant à la condition dans laquelle ils étaient assignés. L'expérimentateur répondait aux questions éventuelles des étudiants puis lançait le document ainsi que le logiciel BB Flashback afin de recueillir le temps passé sur le document et la complétion du graphique organisateur dans les deux groupes graphique auto-généré. Il était rappelé aux étudiants qu'aucune prise de note et qu'aucun document n'étaient autorisés pendant l'apprentissage du document et la complétion du questionnaire d'apprentissage. Lorsque les étudiants cliquaient sur le bouton de la dernière diapositive « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* », le questionnaire apparaissait à l'écran avec tout d'abord les items d'évaluation subjective de l'effort investi au cours de

l'apprentissage, suivi par le questionnaire de mémorisation puis par le questionnaire de transfert des connaissances. Aucune contrainte temporelle n'était donnée pour apprendre le document ou pour répondre aux différents questionnaires. Après avoir complété ces questionnaires, l'expérimentateur remerciait les participants pour leur participation.

4. Résultats

4.1. Analyses statistiques des données

Une MANOVA suivie d'ANOVA ont tout d'abord été conduites afin de tester les effets des conditions de l'étude sur les différentes mesures réalisées. Ces analyses rendent compte de différences significatives sur le questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure et relations hiérarchiques). Une différence significative entre les cinq groupes de l'étude a également été obtenue sur le temps total passé sur le document. En outre, une différence significative était observée sur l'échelle d'évaluation subjective des efforts investis au cours de l'apprentissage. Les résultats issus des analyses de variances réalisées sont rapportés dans le tableau ci-dessous, avec les moyennes et écarts-types de chacune des conditions de l'étude pour chaque variable dépendante mesurée. Des comparaisons planifiées ont ensuite été réalisées pour chacune des hypothèses spécifiques formulées, relatives à différentes questions de recherches présentées dans l'introduction.

La MANOVA réalisée sur l'ensemble des catégories du questionnaire d'apprentissage montre des différences significatives entre les cinq groupes de l'étude, Lambda de Wilks = 1.880, $p = .013$.

Tableau 8. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les cinq conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de l'effort investi au cours de l'apprentissage ainsi que le temps d'apprentissage.

	Contrôle		Graphique donné avec accès simultané		Graphique donné avec accès différé		Graphique auto-généré avec accès simultané		Graphique auto-généré avec accès différé		F	p	η^2
	M (E.T.)		M (E.T.)		M (E.T.)		M (E.T.)		M (E.T.)				
Questions de mémorisation													
Informations représentées	Macrostructure /12	4.31 (2.96)	7.45 (2.85)	8.05 (2.36)	7.29 (3.60)	7.18 (3.25)	4.892	.001	.165				
	Relations hiérarchiques /7	4.14 (1.49)	5.76 (1.34)	6.00 (1.00)	5.90 (1.41)	5.60 (1.73)	6.153	< .001	.199				
Informations non représentées	Microstructure /12	5.14 (2.24)	5.93 (2.13)	7.14 (2.18)	6.29 (3.42)	7.08 (2.72)	2.171	.078	.081				
	Illustrations /8	4.52 (1.91)	4.90 (2.28)	5.86 (1.71)	5.05 (1.50)	4.55 (1.90)	1.731	.149	.065				
Questions de transfert /6		0.90 (1.00)	1.71 (1.38)	2.29 (1.74)	1.71 (1.55)	1.75 (1.74)	2.257	.068	.084				
Efforts investis		6.10 (1.48)	5.32 (1.92)	5.73 (1.49)	3.78 (1.63)	5.15 (1.49)	6.313	< .001	.203				
Temps d'apprentissage (min)		18.49 (6.02)	20.99 (8.26)	26.59 (10.78)	26.21 (10.72)	29.21 (10.00)	4.627	.002	.158				

4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?

Afin de répondre à cette question ainsi que dans la continuité des analyses réalisées dans les études précédentes, les performances des étudiants en condition contrôle étaient comparées à celles des étudiants en condition « graphique donné avec accès simultané au document » en utilisant des analyses de contrastes. Conformément à nos hypothèses, les étudiants du groupe « graphique donné avec accès simultané » ont obtenu des performances significativement plus élevées que le groupe contrôle au questionnaire de mémorisation portant sur les informations représentées dans le graphique organisateur : macrostructure, $t(99) = 3.510$, $p = .001$ et relations hiérarchiques, $t(99) = 3.701$, $p = .001$. De la même façon les étudiants du groupe « graphique donné avec accès simultané » ont obtenu de meilleures performances que les étudiants du groupe contrôle au questionnaire de transfert des connaissances, $t(99) = 2.177$, $p = .036$. De plus, les analyses ne révèlent aucune différence significative entre les deux groupes au questionnaire de mémorisation des informations non représentées sur le graphique organisateur : microstructure, $t(99) = 1.163$, $p = .252$ et informations illustrées, $t(99) = .587$, $p = .561$, voir Figure 34. Enfin, aucune différence significative n'a été obtenue entre les étudiants consultant le document multimédia accompagné du graphique organisateur (groupe « graphique donné avec accès simultané ») et ceux consultant le document multimédia seul (groupe contrôle) sur le temps passé sur le document multimédia, $t(99) = 1.111$, $p = .274$.

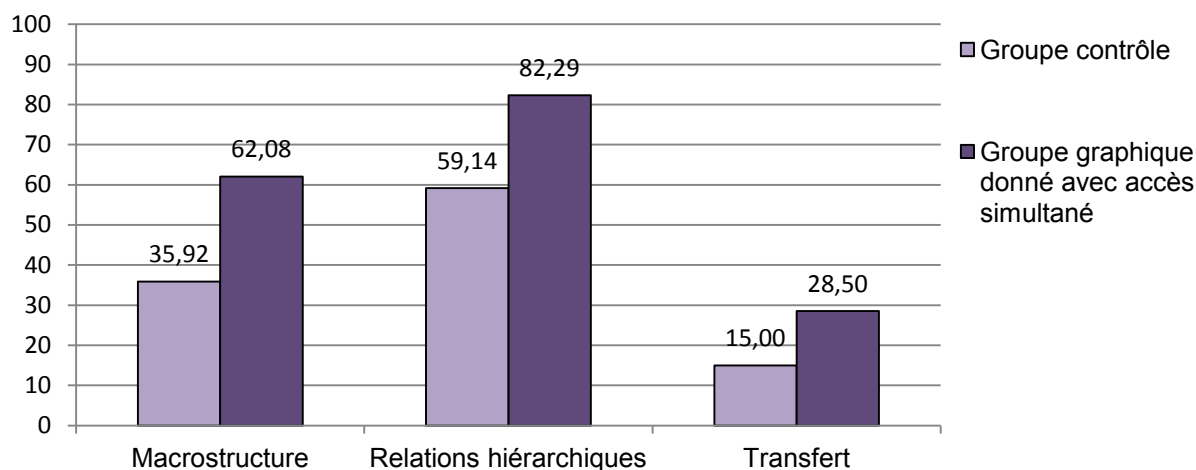


Figure 34. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné avec accès simultané » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

4.3. Un apprentissage « *actif* » – où les étudiants complètent un graphique organisateur – entraîne-t-il de meilleures performances qu’un apprentissage où les étudiants consultent un graphique organisateur qui leur est donné ?

L’analyse de variance 2 x 2 réalisée (type de graphique organisateur (donné ou auto-généré) x accès au document (avec accès simultané ou accès différé) révèle que la **variable type de graphique organisateur** n’influence pas significativement les performances d’apprentissage des étudiants. En effet, les groupes « graphique donné » et graphique auto-généré ne se différencient pas sur le questionnaire d’apprentissage. Ainsi, aucune différence significative n’a été obtenue au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique organisateur (macrostructure, $F(3,82) = .604$, $p = .439$ et relations hiérarchiques, $F(3,82) = .178$, $p = .674$) et non représentées sur le graphique (microstructure, $F(3,82) = .061$, $p = .805$ et informations illustrées, $F(3,82) = 2.010$, $p = .160$), voir Figure 35. De plus, aucune différence significative n’a été observée entre ces deux groupes au questionnaire de transfert des connaissances, $F(3,82) =$

.575, $p = .451$. Bien que les étudiants des groupes « graphique auto-généré » avaient tendance à passer plus de temps sur le document multimédia que ceux des groupes « graphique donné », aucune différence significative n'a été obtenue, $F(3,82) = 3.138$, $p = .080$. Une différence significative entre les groupes « graphique donné » et « graphique auto-généré » a été obtenue sur l'échelle d'efforts perçus investis dans la tâche. Les étudiants des groupes « graphique donné » ont rapporté avoir investi plus d'efforts que les étudiants des groupes « graphique auto-généré », $F(3,82) = 8.629$, $p = .004$ ($M_{\text{donné}} = 5.52$, $M_{\text{auto-généré}} = 4.45$).

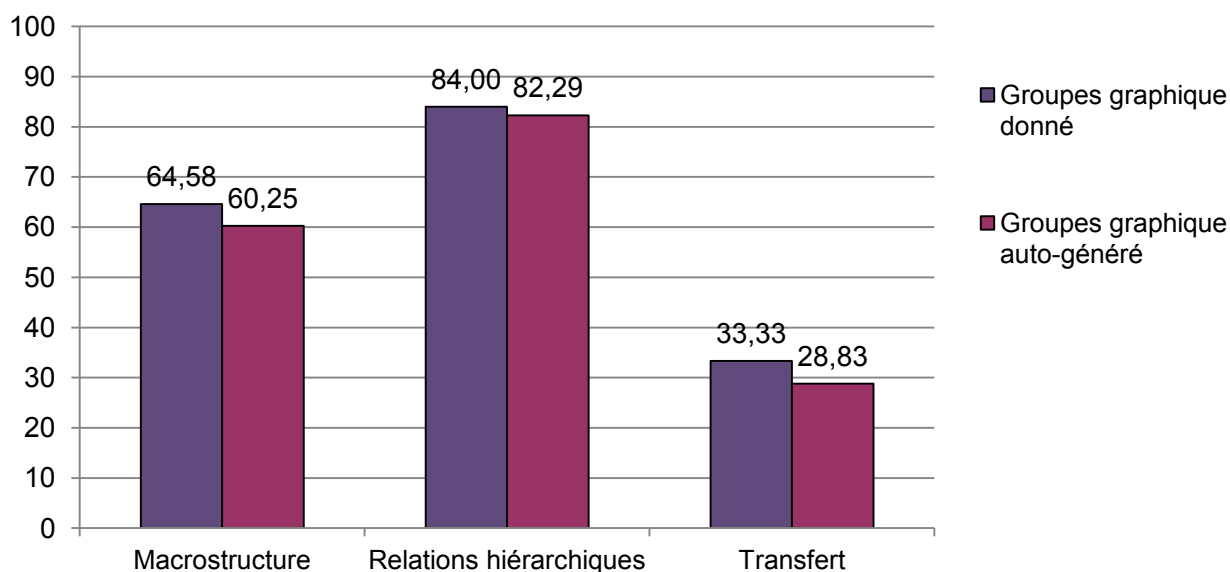


Figure 35. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les deux groupes graphique donné et les deux groupes graphique auto-généré aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

4.3. Contraindre l'accès au document multimédia pendant la consultation ou la complétion du graphique organisateur a-t-il influencé les performances d'apprentissage des étudiants ?

Cette comparaison avait pour objectif d'analyser l'influence de la contrainte de la consultation ou de la complétion du graphique organisateur dans les groupes où

le graphique organisateur apparaissait de façon intercalée avec le document multimédia à plusieurs reprises mais à chaque fois sans avoir un accès simultané à celui-ci.

L'analyse 2 x 2 réalisée (type de graphique organisateur –donné ou auto-généré– x accès au document –avec accès simultané ou avec accès différé) révèle que la **variable type d'accès au document** n'influence pas significativement les performances d'apprentissage des étudiants. Aucune différence significative n'a été obtenue entre les groupes « avec accès simultané » et les groupes « avec accès différé » au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure, $F(3,82) = .131$, $p = .718$ et relations hiérarchiques, $F(3,82) = .012$, $p = .913$). Aussi, aucune différence n'a été obtenue au questionnaire de transfert des connaissances, $F(3,82) = .738$, $p = .393$, voir Figure 36. En outre, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes ayant un accès simultané au document et les groupes ayant un accès différé au document lors du visionnement ou de la complétion du graphique organisateur au questionnaire de mémorisation des informations non représentées : microstructure, $F(3,82) = 2.936$, $p = .091$ et illustrations, $F(3,82) = .307$, $p = .581$. Un effet a été observé entre les groupes avec accès simultané et ceux avec accès différé sur le temps total passé sur le document multimédia, $F(3,82) = 3.959$, $p = .050$, les étudiants n'ayant pas d'accès simultané au document lors de la présence ou de la complétion du graphique passaient plus de temps sur le document que les étudiants ayant un accès direct au document (Maccès simultané = 23.60, Maccès différé = 27.87).

Enfin, une différence significative entre ces groupes a été obtenue sur l'échelle d'efforts perçus investis dans la tâche, $F(3,82) = 6.118$, $p = .016$. Les étudiants avec accès différé au document ont rapporté avoir investi plus d'efforts que les étudiants ayant eu un accès simultané au document (Maccès différé = 5.45, Maccès simultané = 4.55).

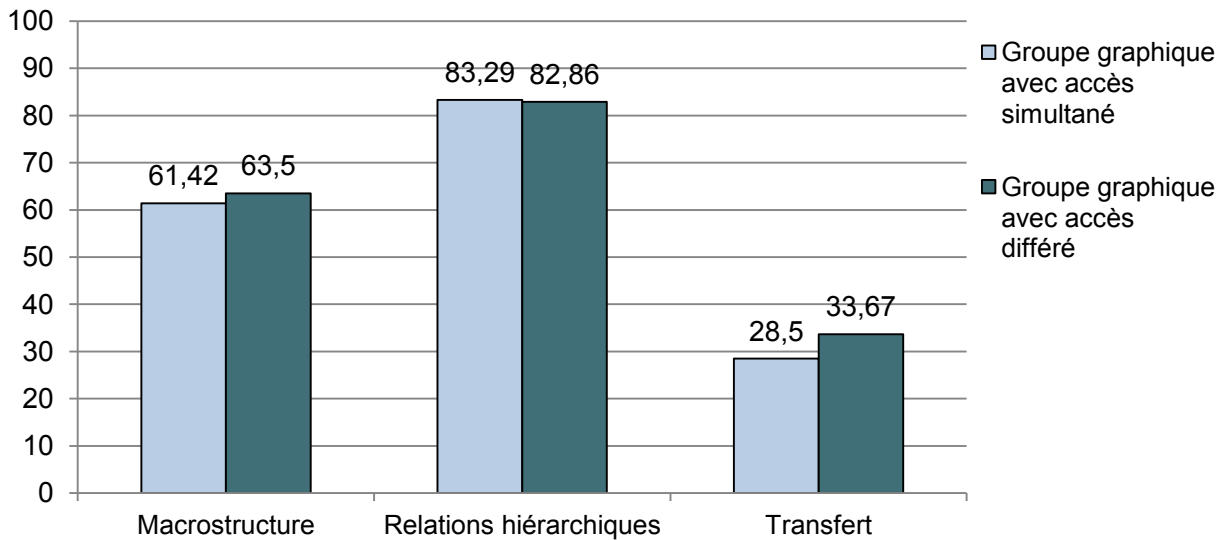


Figure 36. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les deux groupes graphique « avec accès simultané » et les deux groupes graphique « avec accès différé » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de

Contrairement à nos hypothèses, aucun effet d'interaction du type de graphique organisateur (donné, auto-généré) avec le type d'accès au document (avec accès simultané, avec accès différé) n'a été observé sur la mémorisation des informations représentées (macrostructure, $F(3,82) = .279$, $p = .599$, relations hiérarchiques, $F(3,82) = .792$, $p = .376$) ainsi que sur les questions de transfert des connaissances ($F(3,82) = .575$, $p = .451$). , la mémorisation des informations non représentées (microstructure, $F(3,82) = .132$, $p = .717$, illustrations, $F(3,82) = 3.117$, $p = .081$)

Analyses complémentaires

La complétion des boîtes vides du graphique organisateur a été analysée au sein des deux groupes « graphique auto-généré ».

Les analyses qualitatives réalisées pour le groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » indiquent que seulement un étudiant sur les vingt-et-un du groupe a réalisé des erreurs lors de la complétion du graphique organisateur. En

effet, une information liée à la macrostructure du document était omise au sein de son graphique. Mise à part cette erreur mineure, les autres graphiques organisateurs étaient parfaitement complétés et par conséquent en tout point similaires à ceux donnés dans les deux conditions « graphique donné ».

Les analyses qualitatives réalisées pour le groupe « graphique auto-généré avec accès différé » au document montrent que les erreurs étaient plus nombreuses dans ce groupe. En effet, sur les vingt étudiants de ce groupe, six ont omis d'écrire une information liée à la macrostructure du document dans une des boîtes vides du graphique organisateur et un étudiant a omis d'écrire trois de ces informations. Ainsi, sur les vingt étudiants du groupe « graphique auto-généré avec accès différé au document », treize ont parfaitement complété les boîtes vides du graphique organisateur. Cependant, en moyenne 97,86% des informations liées à la macrostructure du document étaient contenues dans les graphiques auto-générés, ce qui témoigne de la bonne qualité de la complétion des graphiques.

5. Discussion

Les résultats de cette quatrième étude démontrent une nouvelle fois les effets bénéfiques de l'ajout d'un graphique organisateur représentant les informations essentielles du document à un document multimédia. De plus, cette étude réplique les résultats obtenus dans la troisième étude dans la mesure où on constate également ici que les étudiants du groupe « graphique auto-généré » ont obtenu les mêmes performances d'apprentissage que les étudiants du groupe « graphique donné ».

En impliquant davantage les étudiants dans l'activité de génération via l'impossibilité de compléter le graphique organisateur en ayant un accès simultané au document, cela n'a pas permis d'améliorer leurs performances comparativement au groupe « graphique auto-généré » où l'accès au document était possible. De la même façon, cette contrainte n'a pas influencé les performances du groupe où le graphique était donné avec le document. De plus, les résultats révèlent que les étudiants des groupes n'ayant pas un accès simultané au document lors de la complétion du graphique organisateur ont rapporté des efforts investis dans la tâche plus importants. Ainsi, il est possible qu'en séparant le graphique organisateur du

document multimédia, cela a focalisé les étudiants sur la tâche de génération et a pu les éloigner de la tâche d'apprentissage. En effet, dans les études précédentes ainsi que dans cette dernière étude, les étudiants devaient générer le graphique organisateur pendant leur lecture du document multimédia. Ce contexte expérimental a pu induire une situation de double-tâche dans la mesure où les étudiants devaient non seulement apprendre le document qui leur était présenté mais également générer le graphique. Les effets négatifs d'auto-génération obtenus dans la littérature ainsi que l'absence de différence avec le groupe pour lequel le graphique organisateur est fourni avec le document pourraient ainsi être dus à cette situation de double-tâche.

De ce fait, l'absence de résultats observés dans cette étude pour les groupes devant auto-générer le graphique organisateur pourrait provenir des efforts requis par la tâche mais aussi de la situation de double-tâche forte qui est induite. Il est possible que les étudiants aient été trop focalisés sur l'activité de génération pour pouvoir traiter profondément le matériel présenté. Ainsi, de nouveaux travaux devraient être conduits afin de séparer la tâche de génération de la tâche d'apprentissage. Cela pourrait être réalisé en demandant aux étudiants de compléter le graphique organisateur dans un premier temps puis d'apprendre le document multimédia dans un second temps. Cette manipulation expérimentale fait l'objet de l'étude suivante.

Principaux résultats de l'étude 4 :

Éviter la situation de recopie : la construction d'un graphique sans accès simultané au document

- *Les résultats de cette étude répliquent les résultats obtenus dans nos études précédentes :*
 - *La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur a amélioré la mémorisation des informations représentées sur le graphique (i.e., macrostructure, relations hiérarchiques) ainsi que la compréhension globale du document comparativement au groupe contrôle.*
 - *L'activité de génération partielle d'un graphique organisateur pendant la lecture d'un document multimédia (i.e., complétion du squelette du graphique) permet aux étudiants d'atteindre le même niveau de performances que les étudiants du groupe « graphique donné ».*
- *Restreindre l'accès au document lors de la consultation ou de l'auto-génération du graphique n'a eu aucun effet significatif sur les performances d'apprentissage des étudiants.*
 - *Toutefois, on constate que cette restriction a augmenté les efforts investis dans la tâche rapportés par les étudiants dans les groupes « avec accès différé au document ».*
 - *Si l'engagement des étudiants a pu être augmenté par ce nouveau design, cela a également affecté les efforts requis par la tâche d'apprentissage des étudiants en les focalisant sur le graphique organisateur.*
- *Toutefois, à nouveau, aucun effet positif de génération n'a été obtenu.*

CHAPITRE 5

Étude 5 : *Éviter une situation de double-tâche : séparer la phase de construction de la phase d'apprentissage*

1. Introduction

Les résultats de l'étude 3 nous ont montré que le *scaffolding* de la tâche de génération d'un graphique en fournissant le squelette de celui-ci aux étudiants (i.e., auto-génération partielle) leur permettait d'accéder au même niveau de mémorisation et de compréhension que les étudiants du groupe « graphique donné ». De plus, cela a également amené les étudiants à obtenir de meilleures performances face au groupe contrôle ainsi que face au groupe où le graphique était généré totalement. L'étude 4 visait à étudier une piste permettant au groupe générant partiellement un graphique organisateur d'obtenir de meilleures performances face au groupe où le graphique était donné. En effet, dans cette quatrième étude, les étudiants devaient compléter le graphique sans avoir accès au document. Ils devaient alors maintenir les informations en mémoire afin de pouvoir compléter le graphique. Cette nouvelle tâche de génération du graphique nécessitait alors un engagement important dans le traitement des informations pour être réalisée. D'après l'hypothèse de génération cela pourrait améliorer les performances d'apprentissage des étudiants. Toutefois, les résultats obtenus nous indiquent que la tâche nécessitait trop d'efforts de la part des étudiants ce qui a pu les empêcher de tirer profit de cette activité. En outre, les étudiants devant auto-générer un graphique organisateur sont constamment en situation de double-tâche (activité de génération et d'apprentissage) tandis que les étudiants du groupe « graphique donné » ne réalisent qu'une seule activité qui est celle d'apprendre le document. Cette situation de double-tâche était davantage mise en avant par le matériel expérimental utilisé dans l'étude précédente où les phases d'apprentissage étaient entrecoupées de phases de génération en condition accès différé.

Cette nouvelle étude vise en conséquence à séparer les activités réalisées par les étudiants en condition « graphique auto-généré ». À ce titre, il leur a tout d'abord été demandé d'auto-générer un graphique organisateur puis, dans un

second temps, d'apprendre le document accompagné du graphique organisateur qu'ils venaient de générer. De plus, ce contexte d'étude nous semble plus écologique dans la mesure où les étudiants sont davantage susceptibles de créer des aides visuelles (plans, graphiques organisateurs, etc.) puis de les réviser ultérieurement. Ainsi, un nouveau groupe a été ajouté pour cette étude « graphique auto-généré phases séparées » et comparé aux groupes des études précédentes « groupe graphique auto-généré phases mélangées », « groupe graphique donné » et groupe contrôle.

2. Hypothèses opérationnelles

Cette étude avait pour objectif d'apporter des éléments de réponse à chacune des questions de recherche formulées ci-dessous. De plus, les hypothèses de l'étude sont présentées à partir de chacune des questions de recherche de l'étude. Le premier objectif de cette étude était d'analyser les effets de la présence d'un graphique organisateur présenté conjointement au document multimédia sur les performances d'apprentissage des étudiants. Aussi la première question de recherche était la suivante : **La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?** Dans la mesure où il a été montré dans la littérature ainsi que dans nos études précédentes que les graphiques organisateurs étaient efficaces pour présenter aux étudiants les informations essentielles ainsi que les relations entretenues entre celles-ci, nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique donné » obtiendraient de meilleures performances au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique (macrostructure, H1a et relations hiérarchiques, H1b) que les étudiants du groupe contrôle. Nous nous attendions également à ce que les étudiants du groupe « graphique donné » obtiennent de meilleures performances au questionnaire de transfert des connaissances que les étudiants du groupe contrôle, H1c. Dans la mesure où les étudiants du groupe « graphique donné » doivent traiter davantage d'informations du fait de l'ajout du graphique organisateur au document multimédia, nous faisons l'hypothèse que les étudiants de ce groupe passeraient davantage de temps à apprendre le document que ceux du groupe contrôle, H1d.

Dans un second temps, nous avons comparé les effets d'un apprentissage actif sur les performances des étudiants, lorsque les étudiants complètent un graphique organisateur (soit pendant la phase d'apprentissage – groupe « généré phases combinées » – soit avant la phase d'apprentissage – groupe « généré phases séparées ») à un apprentissage où les étudiants voient seulement un graphique organisateur donné avec le document multimédia. La deuxième question de recherche était donc la suivante : **Quels sont les effets de la génération d'un graphique organisateur (groupe auto-généré) face à la consultation d'un graphique organisateur sur les scores de mémorisation et de transfert des connaissances des étudiants ?** Afin de répondre à cette question, le groupe « graphique donné » a été comparé au groupe « graphique auto-généré phases combinées » ainsi qu'au groupe « graphique auto-généré phases séparées ».

Suivant les résultats obtenus dans la troisième et quatrième étude de cette thèse, aucune différence n'était attendue entre le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré phases combinées » au questionnaire d'apprentissage. En effet, comme l'ont montré les résultats issus de l'étude 3 et 4, les étudiants devant compléter un graphique organisateur obtenaient le même niveau de performances d'apprentissage que les étudiants voyant le graphique organisateur fourni avec le document d'apprentissage. Toutefois, il était attendu que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » passent plus de temps sur le document que les étudiants du groupe « graphique donné », H2a.

Dans le groupe « graphique auto-généré phases séparées », les consignes permettaient de guider la lecture des étudiants. En effet, ils devaient tout d'abord compléter les boîtes vides du graphique organisateur puis apprendre le document multimédia accompagné du graphique qu'ils venaient de compléter (i.e., séparation de la phase de génération et de la phase d'apprentissage). Nous nous attendions à ce que cette consigne soit bénéfique à leurs performances d'apprentissage. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » obtiendraient de meilleurs scores au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique (macrostructure, H2b et relations hiérarchiques, H2c) comparativement aux étudiants du groupe

« graphique donné ». Nous nous attendions également à ce que ces étudiants obtiennent de meilleurs scores de compréhension mesurés par le questionnaire de transfert des connaissances, H2d. En outre, nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » passeront plus de temps sur le document face aux étudiants du groupe « graphique donné » dû à l'activité de génération réalisée dans ce groupe, H2e.

Enfin, nous souhaitons comparer les deux groupes d'apprentissage actifs entre eux. Ces deux groupes différaient en fonction du moment où il leur était demandé de compléter le graphique organisateur. Les étudiants devaient soit compléter le graphique organisateur pendant la phase d'apprentissage (combinaison de la phase de génération avec la phase d'apprentissage) ou bien avant la phase d'apprentissage (phases séparées). Ainsi, la troisième question de recherche était la suivante : **Quels sont les effets sur l'apprentissage d'un guidage dans le traitement des informations (groupe phases séparées) face à l'absence de guidage (groupe phases combinées) ?** Avec des consignes de guidage dans le groupe « graphique auto-généré phases séparées », nous nous attendions à de meilleures performances au questionnaire de mémorisation pour les questions portant sur la macrostructure du document (H3a) ainsi que sur les relations hiérarchiques entretenues entre ces informations (H3b) comparativement au groupe graphique « auto-généré phases combinées ». De plus, nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » obtiendront de meilleures performances au questionnaire de transfert des connaissances, H3c.

3. Méthode

3.1. Participants

Quatre-vingt-un étudiants inscrits en première année de licence de psychologie à l'Université Rennes 2 ont participé à cette étude (65 femmes, 16 hommes, $Mage = 18.79$, $E.T. = 1.67$). Chaque participant était aléatoirement réparti dans une des quatre conditions de l'étude (voir Figure 37). Le premier groupe consultait le document multimédia affiché à l'écran (groupe contrôle, $n = 20$). Pour le

second groupe, le même document était affiché à l'écran, toutefois celui-ci était accompagné d'un graphique organisateur représentant la structure hiérarchique du document (groupe « graphique donné », $n = 22$). Dans deux autres groupes, il était demandé aux étudiants de compléter le squelette d'un graphique organisateur fourni à côté du document multimédia. Les étudiants devaient compléter les boîtes vides de ce graphique organisateur soit pendant la phase d'apprentissage – combinaison de la phase de génération avec la phase d'apprentissage (groupe « graphique auto-généré phases combinées », $n = 20$) – ou bien avant la phase d'apprentissage du document (groupe « graphique auto-généré phases séparées », $n = 19$), voir Figure 37.

Tout comme dans les études précédentes, un questionnaire de connaissances préalables sur le thème du document multimédia allant être présentée était complété par les étudiants avant de débuter le visionnement du document (voir Annexe 4). À partir du critère de 50% de réussite ou plus à ce questionnaire, aucun participant n'a été exclu des analyses réalisées.

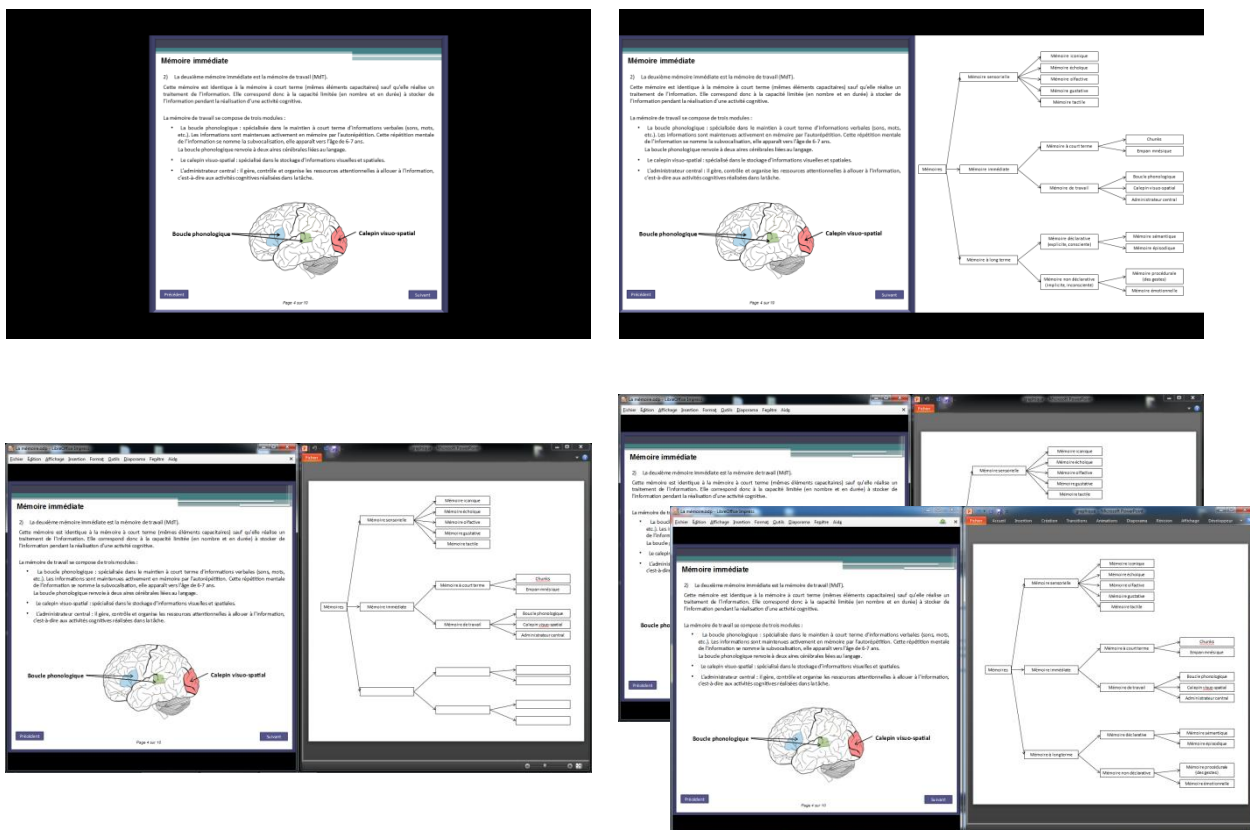


Figure 37. Copies d'écran des conditions contrôle (en haut à gauche), « graphique donné » (en haut à droite), « graphique auto-généré phases combinées » (en bas à gauche) et « graphique auto-généré phases séparées » (en bas à droite).

3.2. Matériel

3.2.1 Tutoriels vidéos et consignes

Afin de donner les consignes aux étudiants de l'étude, des tutoriels vidéos ont été construits en utilisant un document multimédia similaire à celui que les étudiants allaient étudier. Les tutoriels traitaient des différentes phases de la mitose (voir Annexes 1 et 2). Aussi, les quatre tutoriels vidéos créés étaient constitués du même matériel pédagogique mais chacun était spécifique à une des quatre conditions de l'étude. Le tutoriel vidéo construit pour les étudiants du groupe contrôle présentait seulement le document multimédia (3 minutes 27 secondes). Les consignes données au groupe contrôle étaient de lire le document en vue de retenir et de comprendre l'ensemble des informations présentées dans le document. Le même document multimédia accompagné d'un graphique organisateur représentant les informations essentielles ainsi que leurs relations était utilisé pour le groupe « graphique donné » (3 minutes 32 secondes). Les étudiants étaient informés du fait qu'ils verraient un graphique organisateur montrant les informations essentielles du document à la droite de l'écran avec à la gauche de celui-ci le document multimédia. Les consignes étaient identiques à celles données aux étudiants du groupe contrôle.

Les deux tutoriels vidéos construits pour les deux groupes où il était demandé de compléter les boîtes vides du graphique organisateur étaient essentiels afin de montrer aux étudiants comment compléter le graphique organisateur en utilisant l'outil d'édition mis à disposition pour cette activité de génération. Dans le groupe « graphique auto-généré phases combinées », les étudiants étaient informés du fait qu'ils devraient compléter le graphique organisateur pendant leur apprentissage du document multimédia avec pour objectif de retenir et de comprendre l'ensemble des informations présentées dans le document. Aussi, le tutoriel vidéo construit pour cette condition montrait la complétion du graphique organisateur pendant la lecture du document (3 minutes 56 secondes). Enfin, pour le groupe « graphique généré

phases séparées », les étudiants étaient seulement informés du fait qu'ils devraient compléter un graphique organisateur. De ce fait, le tutoriel vidéo construit pour ce groupe était en tout point similaire à celui construit pour le groupe « graphique auto-généré phases combinées » excepté le fait que celui-ci ne comprenait aucune consigne d'apprentissage (2 minutes 47 secondes). En effet, dans le groupe « graphique généré phases séparées », les consignes d'apprentissage étaient données lorsque les étudiants avaient terminé la phase de génération correspondant à la complétion du graphique organisateur. À la fin du visionnement du tutoriel, afin de s'assurer que les étudiants aient bien compris comment utiliser l'interface de l'outil d'édition, il leur était demandé de compléter trois boîtes vides du graphique en condition « graphique auto-généré phases combinées » et « graphique auto-généré phases séparées », voir Annexe 8.

3.2.2. Environnement d'apprentissage

Le document multimédia utilisé pour cette étude est le même document que celui utilisé dans les études précédentes (voir Annexe 3). Pour rappel, ce document portant sur les différents types de mémoires se divisait en plusieurs parties : une diapositive de titre, une diapositive de consigne, neuf diapositives de contenu (texte explicatif compris entre 150 et 200 mots et illustration pour chaque diapositive) puis une diapositive de fin. Au total, 1500 mots et 9 images étaient présentés dans les diapositives de contenu.

Il était clairement indiqué aux étudiants qu'ils devaient apprendre les informations du document multimédia afin de répondre au questionnaire d'apprentissage suivant la lecture du document. Dans le groupe « graphique auto-généré phases combinées », il était ajouté qu'ils devaient également compléter les boîtes vides du graphique organisateur qui leur était fourni pendant leur lecture du document. Enfin, dans le groupe « graphique auto-généré phases séparées », il était seulement indiqué aux étudiants qu'ils devaient compléter les boîtes vides du graphique organisateur fourni avec le document multimédia. Dans ce dernier groupe, les étudiants n'étaient pas avertis du fait qu'ils devaient apprendre les informations du document et répondre à un questionnaire d'apprentissage. Cette consigne leur était donnée dès qu'ils avaient terminé de compléter le graphique organisateur. Le contenu pédagogique du document était identique pour les quatre

groupes de l'étude. La dernière diapositive était composée de deux boutons d'action permettant aux étudiants soit de revenir sur les informations présentées soit d'accéder au questionnaire d'apprentissage. Cette dernière diapositive indiquait également aux étudiants qu'ils ne pourraient plus revenir sur le document après avoir cliqué sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* ». Le contrôle du rythme du document multimédia était laissé libre aux étudiants, chacune des diapositives étant constituée d'un bouton précédent et suivant.

En fonction de la condition d'étude, le document multimédia était soit centré à l'écran (groupe contrôle), ou à la gauche de l'écran avec à la droite de celui-ci le graphique organisateur représentant la structure hiérarchique du document (groupe « graphique donné »). Dans la condition « graphique auto-généré phases combinées » et « graphique auto-généré phases séparées », le document multimédia était placé à la gauche de l'écran avec à sa droite un outil d'édition où le squelette du graphique organisateur était déjà construit. Cet outil permettait aux étudiants de compléter les boîtes vides du graphique organisateur, voir Figure 37.

Le graphique organisateur donné où à compléter représentait la structure hiérarchique du document multimédia en 3 niveaux. Celui-ci était composé de 21 informations liées à la macrostructure du document (3 informations au niveau 1, 9 au niveau 2 et 9 au niveau 3) et de 21 liens correspondant aux relations hiérarchiques entretenues entre les informations de la macrostructure du document.

3.3. Mesures

3.3.1. Test de connaissances préalables et données démographiques

Tout comme dans les études précédentes, un questionnaire de connaissances préalables visant à évaluer le niveau de connaissances antérieures des étudiants sur le thème du document allant être présenté était à compléter avant sa consultation (voir Annexe 4). Ce questionnaire était composé de cinq questions ouvertes pour un score total de huit points (e.g., *Quel est la valeur de l'empan*

mnésique de la mémoire à court terme ?). L'âge ainsi que le genre des étudiants étaient également recueillis à partir de ce premier questionnaire.

3.3.2. *Efforts perçus investis pendant l'apprentissage*

Lorsque les étudiants avaient terminé la phase d'apprentissage, un questionnaire d'évaluation subjective des efforts perçus investis pendant leur apprentissage apparaissait à l'écran. Cette page était composée de trois items présentés sous la forme d'une échelle de Likert en 9 points allant de 1 « Pas du tout d'accord » à 9 « Tout à fait d'accord ». Cette échelle avait pour objectif d'évaluer les efforts perçus requis pour l'apprentissage du document (e.g., « *Apprendre avec ce document m'a demandé peu d'efforts* », voir Annexe 10). Ces items ont été adaptés de plusieurs études : DeLeeuw & Mayer, 2008 ; Moreno, Reislén, & Ozogul, 2010 ; Moreno & Valdez, 2005 ; Paas, 1992. L'alpha de Cronbach de cette échelle était de $\alpha = .854$, suggérant une bonne consistance interne.

3.3.3. *Performances d'apprentissage*

Suite à l'évaluation subjective des efforts investis pendant l'apprentissage, les étudiants répondaient au questionnaire d'apprentissage composé de 45 questions. Ce questionnaire est identique à celui utilisé dans les études précédentes. Pour rappel, le questionnaire était divisé en un questionnaire de mémorisation des informations et de transfert des connaissances, voir Annexes 11 et 12. Le questionnaire de mémorisation était composé de questions portant sur les informations représentées au sein du graphique organisateur (12 questions ouvertes sur la macrostructure du document et 7 questions ouvertes sur les relations hiérarchiques entretenues entre ces informations) ainsi que de questions portant sur les informations non représentées au sein du graphique organisateur (12 questions ouvertes sur la microstructure du document, 8 questions à choix multiple sur les informations illustrées). Le questionnaire de transfert des connaissances était composé de 6 questions ouvertes où les étudiants devaient appliquer les connaissances qu'ils venaient d'acquérir grâce à la consultation du document multimédia à de nouvelles situations.

3.3.4. Temps d'apprentissage

Pour chaque participant, le temps total passé sur le document multimédia était mesuré. Ce temps a été calculé à partir du moment où les étudiants commençaient la lecture du document multimédia jusqu'au moment où ils cliquaient sur le bouton de la dernière diapositive « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* ».

3.4. Procédure

Chaque session expérimentale était individuelle et durait environ une heure. Les participants étaient tout d'abord accueillis dans une salle du laboratoire de l'Université Rennes 2. Un formulaire de consentement présentant les différentes modalités de l'étude ainsi que le déroulement de celle-ci leur était fourni, voir Annexe 5. Après avoir signé le formulaire de consentement, les étudiants répondaient au pré-questionnaire de connaissances préalables ainsi qu'aux questions personnelles (genre, âge). Ils étaient ensuite répartis aléatoirement dans une des quatre conditions de l'étude. Pour le groupe contrôle et le groupe « graphique donné », l'expérimentateur informait les étudiants qu'ils devaient apprendre les informations présentées dans la mesure où un questionnaire d'apprentissage suivrait la lecture du document. Il leur était clairement indiqué qu'ils devraient retenir et comprendre les informations présentées au sein du document sans contrainte temporelle. Pour le groupe « graphique auto-généré phases combinées », l'expérimentateur ajoutait une consigne en informant les étudiants qu'ils devraient compléter les boîtes vides d'un graphique organisateur fourni à côté du document pendant leur apprentissage. **Dans le groupe « graphique auto-généré phases séparées », les étudiants étaient seulement informés du fait qu'ils devraient compléter les boîtes vides du graphique organisateur sans savoir qu'ils devraient apprendre les informations et répondre à un questionnaire d'apprentissage** (ces informations leur étaient délivrées lorsqu'ils avaient terminé de compléter le graphique organisateur).

Chaque participant visionnait le tutoriel vidéo de la condition dans laquelle il était assigné. Lorsque les étudiants étaient prêts à visionner le document multimédia, le logiciel BB Flashback était lancé afin de recueillir le temps total passé

sur le document ainsi que la complétion des boîtes vides du graphique dans les conditions « graphique auto-généré ». Il était indiqué aux étudiants qu'aucune prise de note n'était autorisée pendant la phase d'apprentissage et qu'aucun document n'était autorisé lors du questionnaire d'apprentissage. Lorsque les étudiants cliquaient sur le bouton « *Je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* », les items d'évaluation subjective des efforts perçus investis au cours de l'apprentissage apparaissaient suivis par le questionnaire de mémorisation des informations et le questionnaire de transfert des connaissances. Aucune contrainte temporelle n'était donnée pour répondre aux questionnaires.

4. Résultats

4.1. Analyses préliminaires

Une MANOVA suivie d'ANOVA ont d'abord été réalisées afin de tester les effets des conditions sur les différentes variables dépendantes mesurées dans cette étude. Des différences significatives ont été obtenues à la fois pour le questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure et relations hiérarchiques) ainsi que pour le questionnaire de transfert des connaissances (voir Tableau 9). Une différence significative entre les différents groupes de l'étude a également été obtenue à l'échelle d'évaluation subjective des efforts perçus investis au cours de l'apprentissage.

Dans la mesure où chacune des hypothèses formulées repose sur une différence spécifique entre deux groupes, les résultats décrits dans cette partie sont issus de comparaisons planifiées.

La MANOVA réalisée sur l'ensemble des catégories du questionnaire d'apprentissage montre des différences significatives entre les cinq groupes de l'étude, Lambda de Wilks = 2.720, $p = .001$. Les données issues des ANOVA sont rapportées dans le tableau ci-dessous avec les moyennes et écarts-types de chaque groupe pour chaque catégorie du questionnaire d'apprentissage.

Tableau 9. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation des efforts perçus ainsi que le temps d'apprentissage.

	Contrôle	Graphique donné	Auto-généré phases combinées	Auto-généré phases séparées	F	p	η^2
	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)	M (E.T.)			
Questionnaire de mémorisation							
Informations représentées	4.13 (3.49)	6.92 (3.13)	6.74 (2.49)	8.80 (2.31)	8.568	< .001	.250
Relations hiérarchiques /7	4.55 (1.32)	5.41 (1.50)	5.50 (1.61)	6.47 (1.07)	6.189	.001	.194
Informations non représentées	5.68 (2.54)	6.86 (2.05)	6.08 (1.84)	6.68 (3.04)	1.080	.363	.040
Information illustrées /8	4.60 (2.30)	5.09 (1.74)	3.95 (2.09)	3.63 (2.24)	2.000	.121	.072
Questionnaire de transfert /6	0.80 (1.06)	1.77 (1.68)	1.80 (1.67)	2.89 (1.49)	6.328	.001	.198
Efforts perçus	5.02 (1.76)	4.94 (1.44)	4.92 (1.79)	4.79 (1.58)	.064	.979	.002
Temps d'apprentissage (min)	15.49 (7.19)	20.74 (9.50)	26.66 (8.99)	29.18 (8.45)	10.031	< .001	.281

4.2. La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?

Conformément aux hypothèses 1a et 1b formulées, les résultats issus des comparaisons planifiées réalisées entre le groupe contrôle et le groupe « graphique donné » indiquent que les étudiants du groupe « graphique donné » obtiennent des performances significativement plus élevées que les étudiants du groupe contrôle au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur : macrostructure, $t(77) = 3.112$, $p = .003$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 1.992$, $p = .050$.

Le graphique organisateur fourni avec le document multimédia mettait en saillance seulement les informations essentielles du document (macrostructure) ainsi que les relations hiérarchiques que celles-ci entretenaient entre elles. Aussi, les effets bénéfiques obtenus pour les informations représentées dans le graphique organisateur n'étaient pas obtenus pour les informations non représentées. En effet, aucune différence significative n'a été observée entre les étudiants du groupe contrôle et ceux du groupe « graphique donné » au questionnaire de mémorisation des informations non représentées dans le graphique : microstructure, $t(77) = 1.609$, $p = .112$ et informations illustrées, $t(77) = .758$, $p = .451$. De plus, l'ajout du graphique organisateur au document multimédia a significativement amélioré les performances des étudiants au test de transfert des connaissances, $t(77) = 2.266$, $p = .030$, ce qui témoigne d'une meilleure compréhension du document lorsque le graphique organisateur était ajouté au document (H1c), voir Tableau 9. Un effet marginal a été obtenu sur le temps total passé à étudier le document multimédia avec un temps supérieur en condition « graphique donné » comparativement à la condition contrôle, $t(77) = 1.976$, $p = .052$. Enfin, aucune différence significative entre les deux groupes n'a été observée à l'échelle d'évaluation subjective des efforts investis au cours de l'apprentissage, $t(77) = .152$, $p = .879$.

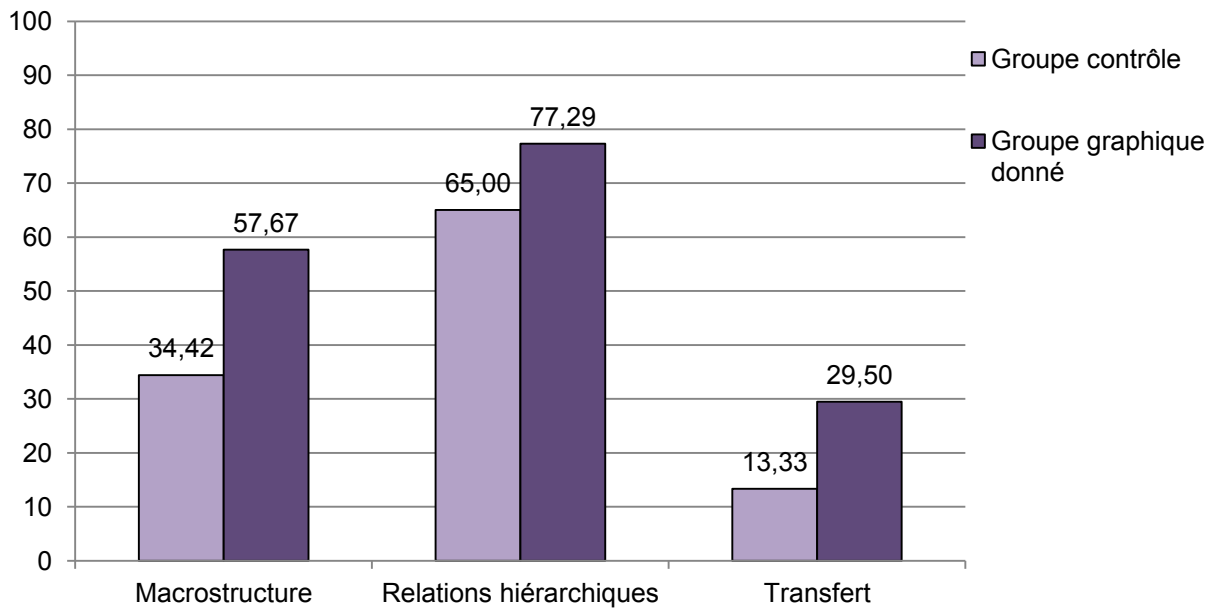


Figure 38. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

4.3. Quels sont les effets de la génération d'un graphique organisateur face à la consultation d'un graphique organisateur sur les performances d'apprentissage des étudiants ?

Dans cette étude, il était demandé aux étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » ainsi qu'à ceux du groupe « graphique auto-généré phases séparées » de compléter les boîtes vides du squelette du graphique organisateur fourni avec le document multimédia. Ainsi, ces étudiants peuvent être considérés comme étant activement impliqués dans leur apprentissage du fait de leur engagement dans cette activité de génération tandis que ceux pour qui le graphique organisateur était donné déjà complété (groupe « graphique donné ») pourraient être considérés comme étant plus passifs dans la mesure où ils n'étaient pas engagés dans une activité de génération (i.e., consultent le graphique organisateur seulement).

a) Comparaison du groupe « graphique donné » au groupe « graphique auto-généré phases combinées ».

Conformément aux résultats de l'étude 3 et 4 issus de ces mêmes comparaisons, les comparaisons planifiées réalisées entre ces deux groupes ne montrent aucune différence significative sur les performances d'apprentissage des étudiants au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique (macrostructure, $t(77) = .204$, $p = .839$ et relations hiérarchiques, $t(77) = .211$, $p = .834$) et des informations non représentées dans le graphique (microstructure, $t(77) = 1.067$, $p = .289$ et informations illustrées, $t(77) = 1.763$, $p = .082$). Aucune différence significative n'a été obtenue entre les performances des étudiants du groupe « graphique donné » et celles des étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » au questionnaire de transfert des connaissances, $t(77) = .053$, $p = .958$, voir Figure 39. Toutefois, les étudiants devant compléter les boîtes vides du graphique organisateur pendant leur apprentissage du document multimédia ont passé significativement plus de temps sur le document que ceux du groupe « graphique donné », $t(77) = 2.202$, $p = .031$, ce qui va dans le sens de notre hypothèse. Les résultats révèlent également que cette activité de génération n'a pas influencé significativement l'évaluation subjective des étudiants des efforts investis au cours de la tâche $t(77) = .045$, $p = .964$.

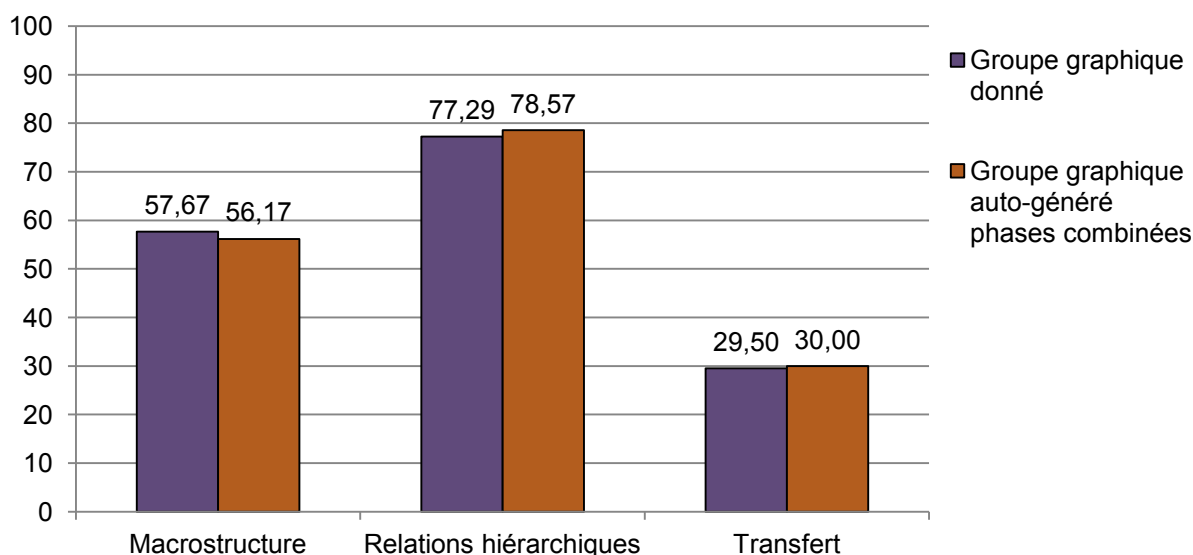


Figure 39. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré phases combinées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

b) Comparaison du groupe « graphique donné » au groupe « graphique auto-généré phases séparées » où la phase de génération (i.e., complétion du graphique) était réalisée avant la phase d'apprentissage (apprentissage actif guidé).

Le groupe « graphique auto-généré phases séparées » peut être considéré comme un groupe d'apprentissage actif guidé dans la mesure où un guidage de l'activité d'apprentissage était réalisé. En effet, les étudiants devaient tout d'abord compléter les boîtes vides du graphique organisateur puis apprendre le document multimédia. Les phases de génération et d'apprentissage étaient donc clairement séparées dans ce groupe en comparaison au groupe « graphique auto-généré phases combinées » au sein duquel les étudiants devaient compléter le graphique organisateur pendant leur apprentissage du document multimédia. Il était attendu ici que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » obtiennent de meilleures performances d'apprentissage au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique ainsi qu'au questionnaire de transfert des connaissances face aux étudiants du groupe « graphique donné ». En accord avec nos hypothèses H2b et H2c, les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » ont obtenu des performances significativement plus élevées au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (macrostructure, $t(77) = 2.067$, $p = .042$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 2.435$, $p = .017$). Ils ont également obtenu de meilleurs scores de mémorisation aux questions portant sur les informations illustrées, $t(77) = 2.224$, $p = .029$. Aucune différence significative n'a été observée pour les questions portant sur la microstructure du document, $t(77) = .240$, $p = .811$. En outre, les performances de ce groupe étaient également significativement plus élevées que celles du groupe « graphique donné » au questionnaire de transfert des connaissances, $t(77) = 2.268$, $p = .029$, ce qui témoigne d'une meilleure compréhension générale du document multimédia allant dans le sens de notre hypothèse H2d, voir Figure 40. Enfin, tout comme le groupe « graphique auto-généré phases combinées », les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » passaient significativement plus de temps sur le document comparativement aux étudiants du groupe « graphique donné », $t(77) = 3.139$, $p = .002$ (H2e). Aucune différence significative n'a été obtenue

à l'échelle d'évaluation subjective des efforts perçus investis au cours de l'apprentissage, $t(77) = .291, p = .772$.

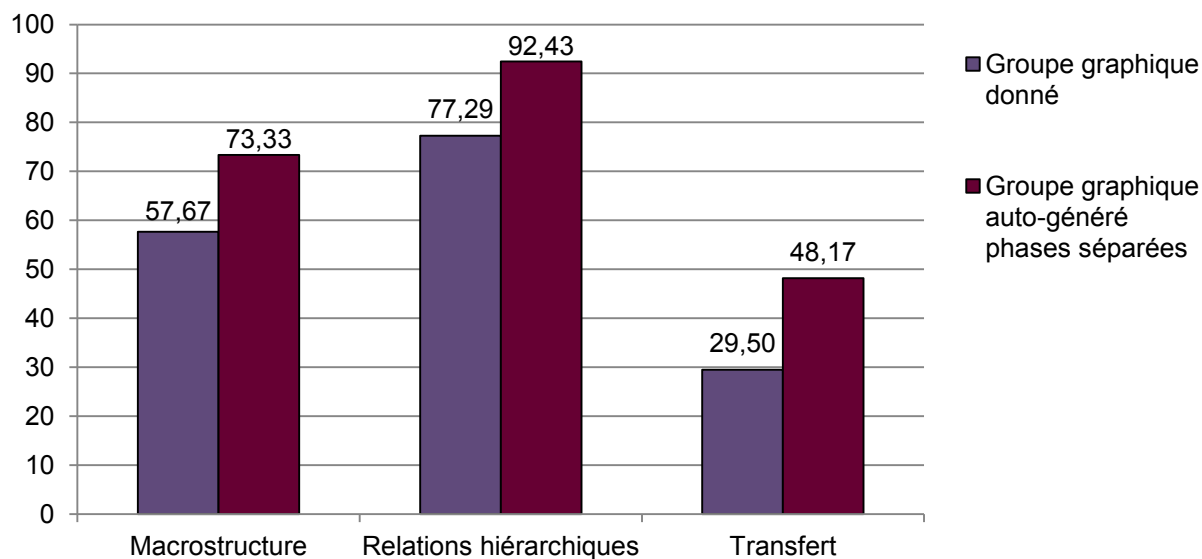


Figure 40. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré phases séparées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances.

4.3. Quels sont les effets sur l'apprentissage d'un guidage dans le traitement des informations (phases séparées) face à l'absence de guidage (phases combinées) en condition de génération ?

Conformément à nos hypothèses, la consigne de guidage séparant la phase de génération de la phase d'apprentissage a permis d'améliorer de façon importante les performances d'apprentissage des étudiants face à celles des étudiants non guidés dans la consigne. En effet, les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » ont obtenu des scores de mémorisation significativement plus élevés pour les informations représentées dans le graphique organisateur que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » : macrostructure, $t(77) = 2.217, p = .030$ et relations hiérarchiques, $t(77) = 2.178, p = .033$, voir Figure 41. Aucune différence significative n'a été obtenue entre les deux groupes au questionnaire de mémorisation pour les informations non représentées dans le graphique organisateur : microstructure, $t(77) = .795, p = .429$ et informations

illustrées, $t(77) = .474$, $p = .637$. En outre, conformément à notre hypothèse H3c, les analyses révèlent que les scores de transfert des connaissances du groupe « graphique auto-généré phases séparées » étaient significativement plus élevés que ceux du groupe « graphique auto-généré phases combinées », $t(77) = 2.162$, $p = .037$. Bien que les phases de génération et d'apprentissage aient été séparées pour le groupe « graphique auto-généré phases séparées », cela n'a pas augmenté significativement le temps passé sur le document en comparaison aux étudiants où ces phases étaient confondues, $t(77) = .944$, $p = .348$. Cela n'a également pas influencé significativement l'évaluation subjective réalisée par les étudiants des efforts perçus investis pendant l'apprentissage, $t(77) = .242$, $p = .810$.

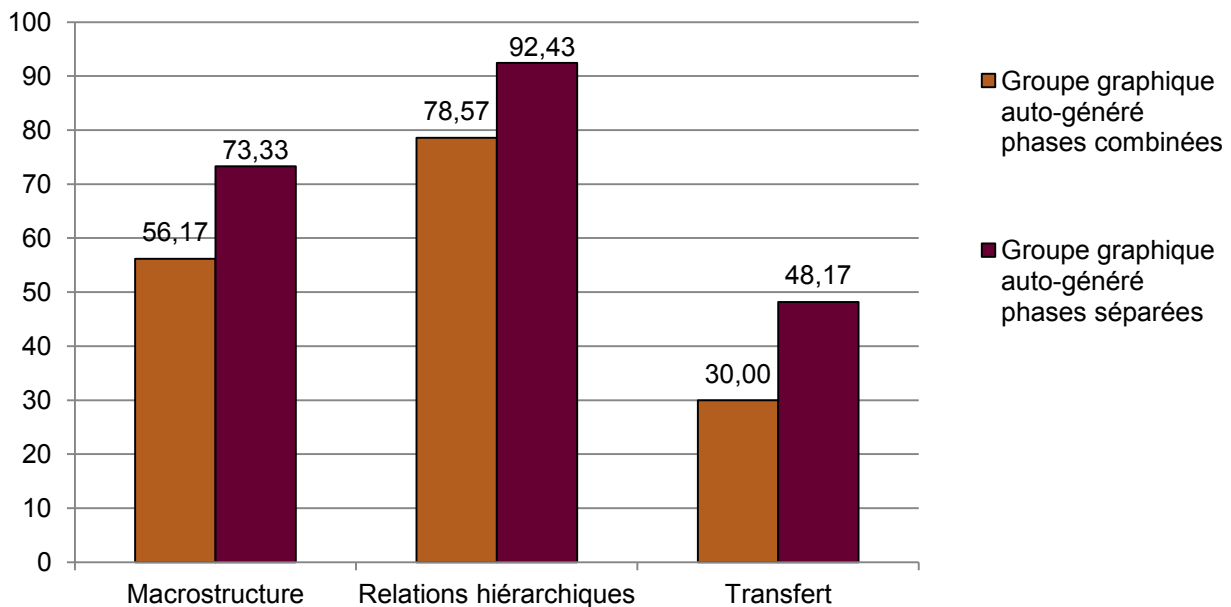


Figure 41. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique auto-généré phases combinées » et le groupe « graphique auto-généré phases séparées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances.

Analyses complémentaires

Deux analyses complémentaires ont été conduites. Tout d'abord, des analyses qualitatives ont été réalisées sur la complétion des boîtes vides du graphique organisateur dans les deux conditions « graphique auto-généré » (phases

séparées et phases combinées). Ces analyses révèlent que tous les étudiants de ces deux groupes ont parfaitement complété le graphique organisateur.

Dans un second temps, nous avons comparé les performances d'apprentissage des étudiants des deux groupes « graphique auto-généré » (phases combinées et phases séparées) avec celles du groupe contrôle. Tout comme le groupe « graphique donné », les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » et « graphique auto-généré phases séparées » ont obtenu de meilleures performances d'apprentissage comparativement aux étudiants du groupe contrôle.

5. Discussion

Conformément aux résultats rapportés dans la littérature ainsi qu'aux résultats obtenus dans nos quatre précédentes études, nous observons de nouveau que l'ajout d'un graphique organisateur au document multimédia permet d'augmenter significativement les performances d'apprentissage des étudiants. En effet, des différences significatives ont été obtenues entre le groupe « graphique donné » et le groupe contrôle au questionnaire de mémorisation des informations représentées dans le graphique organisateur (i.e., macrostructure, relations hiérarchiques) ainsi qu'au questionnaire de transfert des connaissances. Ces résultats renforcent les effets bénéfiques des graphiques organisateurs en tant qu'aides visuelles ainsi que supports pour la construction d'un modèle mental de qualité par les étudiants.

Dans cette étude le groupe « graphique auto-généré phases combinées » a obtenu les mêmes performances d'apprentissage que les étudiants du groupe « graphique donné », tout comme dans l'étude 3 et 4. Aussi, aucune différence n'a été observée entre la simple consultation du graphique organisateur versus l'auto-génération active du graphique organisateur en complétant les boîtes vides du squelette fourni avec le document. De nouvelles études pourraient être conduites afin d'observer si l'absence de différence entre ces deux groupes au questionnaire d'apprentissage persiste dans le temps. En effet, bien qu'aucune différence ne soit observée sur un questionnaire d'apprentissage immédiat, ces différences pourraient apparaître après un certain délai sur un questionnaire différé. L'utilisation de

questionnaires d'apprentissage différés permettrait alors d'observer l'évolution des performances de ces deux groupes. En outre, nous pourrions faire l'hypothèse que l'implication des étudiants en condition « graphique auto-généré phases combinées » conduit à des connaissances plus solides en mémoire, ce qui ne serait pas le cas lors de la simple consultation du graphique organisateur fourni avec le document (encodage plus profond, Craik & Lockhart, 1972). Le groupe « graphique auto-généré phases combinées » pourrait alors obtenir de meilleures performances comparativement au groupe « graphique donné » à un questionnaire d'apprentissage différé du fait d'un oubli moindre.

Un nouveau groupe était ajouté à cette étude : le groupe « graphique auto-généré phases séparées ». Nous faisons l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases combinées » n'obtiendraient pas de meilleures performances face au groupe « graphique donné » du fait d'une situation de double-tâche. En effet, les étudiants devaient à la fois générer le graphique et apprendre les informations du document. Cette situation de double-tâche pouvait alors être à l'origine de l'absence d'effet positif de génération observée dans les études précédentes. Conformément à nos hypothèses, en séparant l'activité de génération de l'activité d'apprentissage, les étudiants ont obtenu les performances les plus élevées au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique organisateur ainsi qu'au questionnaire de transfert des connaissances. Leurs performances d'apprentissage étaient, en outre, significativement supérieures à celles des étudiants du groupe « graphique donné », du groupe « graphique auto-généré phases combinées » ainsi qu'à celles du groupe contrôle. Cette étude montre alors un effet positif de génération lorsqu'un guidage dans le traitement des informations est réalisé. Cependant, les étudiants de ce groupe passent plus de temps sur le document comparativement aux étudiants du groupe « graphique donné ». Toutefois, ce temps passé sur le document s'est avéré bénéfique à leurs performances d'apprentissage contrairement aux études précédentes. De plus, ce nouveau groupe nous semble plus écologique dans la mesure où les étudiants créent d'abord une aide visuelle puis apprennent un document pédagogique avec l'aide qu'ils ont élaboré.

Principaux résultats de l'étude 5 :

Éviter une situation de double-tâche : séparer la phase de construction de la phase d'apprentissage

- *Résultats qui répliquent les résultats des études précédentes :*
 - *La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'un graphique organisateur a amélioré la mémorisation des informations représentées sur le graphique ainsi que la compréhension globale du document comparativement au groupe contrôle.*
 - *La génération partielle du graphique pendant la lecture du document (i.e., complétion du squelette du graphique, groupe « graphique auto-généré phases combinées ») permet aux étudiants d'atteindre le même niveau de performances que les étudiants du groupe « graphique donné ».*
- *Éviter une situation de double-tâche dans les groupes graphique auto-généré en séparant l'activité de génération de l'activité d'apprentissage a permis d'améliorer les performances d'apprentissage des étudiants*
 - *Les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » ont obtenu de meilleurs scores de mémorisation des informations représentées face aux étudiants du groupe « graphique donné ». Toutefois, cela a significativement augmenté le temps passé sur le document face à ce groupe.*
 - *Les étudiants du groupe « graphique auto-généré phases séparées » ont également obtenu des performances d'apprentissage supérieures au questionnaire de mémorisation des informations représentées comparativement au groupe « graphique auto-généré phases combinées » sans différence de temps passé sur le document.*
- *Un effet positif de génération est observé sur l'apprentissage lorsque l'activité de génération ainsi que l'activité d'apprentissage sont séparées.*

Discussion Générale

Les données issues de la littérature nous montrent que l'ajout de graphiques organisateurs permet d'améliorer les performances d'apprentissage des apprenants (e.g., Guri-Rozenblit, 1989 ; McCrudden et al., 2007 ; Vekiri, 2002). Ces graphiques mettent en évidence les informations essentielles du texte ainsi que les relations hiérarchiques qu'elles entretiennent (Robinson & Kiewra, 1995). Ainsi, ils permettent de représenter explicitement la structure du texte aux apprenants et constituent des aides visuelles utiles à l'élaboration d'un modèle mental de qualité (e.g., Vekiri, 2002). Néanmoins, nous observons que les effets de la visualisation de ces aides ne sont pas les mêmes que les effets de la génération de celles-ci. Les recherches réalisées dans ce domaine montrant des résultats contrastés des effets de génération d'aides visuelles sur les performances d'apprentissages, nous avons souhaité approfondir nos connaissances à ce sujet via la réalisation d'une série d'expériences faisant varier les conditions d'apprentissage mises en place.

1. Objectifs des études réalisées et rappel des hypothèses

L'ensemble des études de cette thèse avaient pour objectif de comparer plusieurs formats de présentation de l'information sur l'apprentissage des étudiants. Plus spécifiquement, nous avons tenté de favoriser la mise en place de stratégies d'apprentissage cognitives et plus particulièrement la mise en place de stratégies d'organisation (voir Chapitre 1) en vue d'améliorer la mémorisation ainsi que la compréhension des étudiants. Plusieurs questions de recherches ont été posées au cours de cette thèse.

Nous nous sommes tout d'abord intéressés aux effets des aides visuelles sur les performances d'apprentissage des étudiants et souhaitons répliquer les effets bénéfiques de l'ajout de ces aides rapportés dans la littérature dans des environnements d'apprentissage différents. En effet, la majorité des études réalisées dans ce domaine se sont penchées sur l'étude des aides visuelles dans des

environnements non numériques (papiers-crayons), nous souhaitons alors étendre ces résultats à des environnements d'apprentissage numériques dont l'utilisation par les étudiants ne cesse d'augmenter au fil des années. Nos travaux visaient alors à approfondir nos connaissances actuelles sur l'influence de la mise en saillance de la structure d'un texte illustré via l'ajout d'un graphique organisateur sur les performances d'apprentissage des étudiants au niveau de la mémorisation et de la compréhension des informations. La première question de cette thèse était donc la suivante : « **La mise en saillance de la structure du texte via l'ajout d'une aide visuelle améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?** » (études 1, 2, 3, 4 et 5).

L'objectif principal de cette thèse consistait à étudier les effets de l'auto-génération d'aides visuelles sur l'apprentissage des étudiants. Comme présenté dans le chapitre 3, les effets d'auto-génération d'aides visuelles sur les performances d'apprentissage s'avèrent contrastés. Nous avons étudié ces effets d'auto-génération en utilisant plusieurs mesures de performances d'apprentissage : informations représentées dans l'aide visuelle (i.e., macrostructure et relations hiérarchiques), informations non représentées dans l'aide visuelle (i.e., microstructure et informations illustrées) ainsi que transfert des connaissances. Dans la continuité des travaux que nous avons réalisés, nous nous sommes intéressés à la fois à l'auto-génération totale des aides visuelles ainsi qu'à l'auto-génération partielle de ces aides. Nous avons également manipulée les conditions de l'auto-génération (avec accès simultané au document versus avec accès différé) ainsi que le guidage de l'activité : non guidé, phases mélangées (activité de génération et d'apprentissage) versus guidé, phases séparées (activité de génération puis apprentissage). Nous souhaitons alors apporter des éléments de réponse aux différentes questions de recherche suivantes :

- **L'auto-génération totale d'une aide visuelle pendant la lecture d'un document multimédia améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?** (études 1, 2 et 3)
- **L'auto-génération partielle d'un graphique organisateur pendant la lecture du document améliore-t-elle les performances d'apprentissage des étudiants ?** (études 3, 4 et 5)

- **Contraindre l'accès au document multimédia pendant la consultation ou la complétion du graphique organisateur a-t-il influencé les performances d'apprentissage des étudiants ? (étude 4)**
- **Quels sont les effets sur l'apprentissage d'un guidage dans le traitement des informations (groupe phases séparées) face à l'absence de guidage (groupe phases combinées) ? (étude 5)**

Afin de répondre à ces questions le groupe « graphique auto-généré » était comparé au groupe « graphique donné ». Cette comparaison pourrait être considérée comme étant une comparaison entre un groupe dit « actif » (activité de génération) à un groupe « passif » (simple consultation du document). Toutefois, le caractère actif versus passif sera discuté dans le point 3.7. suivant.

Les résultats de cette thèse, seront présentés ici de manière synthétique et discuté au regard des données de la littérature présentées dans la partie théorique.

2. Contributions empiriques et théoriques

2.1. Les effets de l'ajout d'aides visuelles

Deux types d'aides visuelles ont été testés ici : les graphiques organisateurs (i.e., structures hiérarchiques) ainsi que les plans. Les plans sont considérés comme étant des aides à la structuration des informations dans la mesure où ils mettent en saillance les informations du texte (titres et sous-titres) et la manière dont ces informations s'organisent entre elles (e.g., Bui & McDaniel, 2015; Glynn, Britton, & Mutch, 1985; Lemarié, Lorch, Eyrolle, & Virbel, 2008; Robinson & Kiewra, 1995). De la même façon, les graphiques organisateurs permettent d'organiser les informations essentielles du texte et de mettre en évidence les liens entre ces informations. Par conséquent, les graphiques organisateurs permettent de représenter, dans un format spatial, la structure d'un texte (Luo et al., 2017).

L'ensemble des études de cette thèse démontrent que l'ajout d'une aide visuelle, que ce soit un plan ou un graphique organisateur, à un module d'apprentissage numérique a permis d'améliorer significativement les performances d'apprentissage des étudiants comparativement à un groupe contrôle ne bénéficiant

pas de la présence de cette aide. En effet, via la mise en saillance des informations essentielles du document et de leur organisation, l'aide visuelle facilite grandement les processus de sélection et d'organisation des informations. Cette aide peut alors agir comme un support sur lequel l'étudiant va s'appuyer afin d'élaborer un modèle mental cohérent des informations qui lui sont présentées (Hegarty, 2011). Toutes les études réalisées ici, montrent que l'ajout d'un graphique a permis d'augmenter les scores des étudiants à un test de mémorisation ainsi qu'à un test de compréhension. Cela les a conduits à mieux mémoriser les informations représentées dans le graphique organisateur, à savoir la macrostructure du document ainsi que les relations hiérarchiques entretenues entre ces informations. L'ajout de l'aide visuelle n'a cependant pas permis d'influencer significativement la mémorisation des informations non représentées sur cette aide (i.e., microstructure et informations illustrées). Toutefois, ces informations n'étaient pas mises en évidence dans les aides visuelles utilisées. Bien que ces effets bénéfiques ne se soient pas étendus aux informations non représentées, les études réalisées montrent que cela a amélioré la compréhension des étudiants de l'ensemble du document. L'ajout d'un graphique organisateur représentant la structure hiérarchique du document multimédia a donc permis de focaliser l'attention des apprenants et de les aider à traiter plus profondément les informations essentielles du texte ainsi que leurs relations hiérarchiques, améliorant ainsi leur performance d'apprentissage.

Si l'on se rapporte au modèle de Kintsch et van Dijk (1978, van Dijk & Kintsch, 1983 ; Kintsch & Rawson, 2005), les effets observés ici montrent une meilleure représentation des informations au niveau de la base de texte (i.e., macrostructure et relations hiérarchiques) ainsi qu'un meilleur modèle de situation (i.e., compréhension). Ainsi, les résultats obtenus pour toutes les études de cette thèse répliquent et viennent renforcer les effets bénéfiques des aides visuelles rapportés dans la littérature (e.g., Dee-Lucas & Larkin, 1995; Kiewra, Kauffman, Robinson, Dubois, & Stanley, 1999; McCrudden, Schraw, & Lehman, 2009; Robinson & Kiewra, 1995; Robinson & Schraw, 1994 ; Vekiri, 2002).

Une différence a été observée pour l'étude 2 lorsque l'aide visuelle utilisée correspondait à un plan des informations. Ici, les étudiants du groupe « avec plan » n'ont pas obtenu de meilleures performances que les étudiants du groupe contrôle aux questions de mémorisation des relations hiérarchiques entretenues entre les

informations. Cela s'explique par le fait que les plans sont des aides visuelles présentant les informations de façon linéaire contrairement aux graphiques organisateurs qui présentent l'information de façon spatiale. En ce sens, les formats linéaires seraient moins efficaces pour mettre en saillance les relations hiérarchiques entretenues entre les informations (e.g., Kiewra, 2012 ; Luo, Kiewra, Peteranetz, & Flanigan, 2017). Par ailleurs, plusieurs études ont montré la supériorité des graphiques organisateurs comparativement aux plans en termes d'apprentissage (e.g., Bera & Robinson, 2004 ; McCrudden et al., 2009).

2.2. Les effets de l'auto-génération d'aides visuelles

L'étude des effets de l'auto-génération d'aides visuelles a été réalisée à partir de l'hypothèse de génération et l'hypothèse de la charge cognitive. Selon l'hypothèse de génération, l'implication plus forte de l'apprenant dans la tâche via l'élaboration d'une aide visuelle devrait l'engager davantage dans le traitement actif des informations présentées en nécessitant de sa part qu'il sélectionne et organise ces informations. L'hypothèse de charge cognitive, quant-à-elle, suggère que l'activité de génération pourrait s'avérer néfaste en augmentant les demandes cognitives requises par la tâche et en diminuant les ressources cognitives disponibles pour le traitement des informations importantes du document.

2.2.1. L'auto-génération totale

Les effets de l'auto-génération totale d'une aide visuelle lors de la lecture du document multimédia sur les performances d'apprentissage des étudiants ont été analysés à la fois dans la première, la deuxième et la troisième étude. Pour ces trois études, les résultats montrent des effets néfastes de l'activité de génération sur les performances d'apprentissage comparativement au groupe « graphique donné ». Contrairement à l'hypothèse de génération, l'engagement des étudiants dans une activité visant à structurer les informations sous la forme d'un plan ou bien d'un graphique organisateur a significativement diminué leurs performances d'apprentissage à la fois au niveau de la mémorisation des informations représentées ainsi qu'au niveau de la compréhension globale du document.

Bien que ces résultats aillent dans le sens de l'hypothèse de la charge cognitive, les données que nous avons recueillies sur l'échelle d'évaluation subjective de la difficulté perçue de la tâche d'apprentissage ne révèlent pas de différences significatives entre les groupes « graphique auto-généré » et les groupes « graphique donné » (excepté dans l'étude 3). Aussi, il est possible que les étudiants n'aient pas perçu cette activité de génération comme étant difficile à réaliser (déplacement aisé des boîtes et des flèches, contrôle du rythme du document d'apprentissage) mais plutôt comme étant coûteuse en termes d'efforts à fournir. Celle-ci aurait alors effectivement consommé une quantité importante de leurs ressources cognitives réduisant ainsi celles pouvant être allouées au traitement profond des informations du document. En effet, 21 termes étaient à inscrire dans le graphique, soit 21 boîtes et 21 flèches à glisser-déposer. De plus, l'activité de génération du graphique a significativement augmenté le temps passé sur le document d'apprentissage comparativement aux étudiants de la condition « graphique donné ».

La complexité de la tâche de génération a été réduite dans l'étude 2 en remplaçant le type d'aide visuelle à générer. Au lieu de générer un graphique organisateur (aide visuelle spatiale), les étudiants avaient pour consigne de générer un plan (aide visuelle linéaire). Ainsi, les contraintes graphiques (glisser-déposer les boîtes et les flèches) n'étaient plus présentes. Le format plan était donc considéré comme étant plus facile à générer. Bien que la différence de temps passé sur le document entre le groupe donné et le groupe auto-généré n'était plus présente, cette modification de format n'a pas permis d'annuler les effets négatifs observés sur la mémorisation ainsi que sur la compréhension des informations.

L'ensemble de ces données répliquent alors les résultats obtenus dans la série d'études réalisée par Stull et Mayer (2007) où les étudiants devant générer des graphiques organisateurs passaient plus de temps sur le document et obtenaient des scores à un test de transfert de connaissances moindres face à ceux pour qui les graphiques organisateurs étaient donnés. En revanche, contrairement aux études de Stull et Mayer, les étudiants devaient élaborer qu'un seul graphique organisateur dans nos études représentant la structure de l'intégralité du document multimédia. Malgré le fait qu'une seule aide visuelle ait été générée, l'activité semble avoir induit des traitements incidents inutiles à l'apprentissage.

Suite à ces résultats nous avons réduit davantage les contraintes liées à l'activité de génération en fournissant aux étudiants le squelette du graphique organisateur (voir Ponce & Mayer, 2014). Les étudiants avaient alors pour consigne de générer partiellement le graphique organisateur en complétant les boîtes vides de celui-ci. Cette modification visait à réduire les processus incidents liés à l'activité de génération du graphique (glisser-déposer les boîtes et les flèches).

2.2.2. L'auto-génération partielle

La troisième, quatrième et cinquième étude nous ont permis de comparer un groupe où le graphique était donné avec le document à un groupe devant compléter les boîtes vides du squelette du graphique organisateur (auto-génération partielle). Cette comparaison montre, dans ces trois études, que l'activité de génération a permis aux étudiants d'obtenir le même niveau de performances que ceux ayant le document accompagné du graphique. En fournissant le squelette du graphique organisateur, nous souhaitons diminuer les efforts requis par l'activité de génération et réaliser un *scaffolding* de l'activité afin de guider les étudiants. Lorsque le squelette du graphique organisateur a été ajouté au document multimédia cela a fait disparaître les effets négatifs d'auto-génération observés dans nos études précédentes. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que la simplification de la tâche a permis de libérer des ressources cognitives qui ont pu être allouées au traitement des informations présentées dans le document. Cela a ainsi permis aux étudiants d'accéder au même niveau de performance au test de mémorisation et de compréhension que les étudiants du groupe « graphique donné ». Ici, une simple consultation du graphique organisateur serait aussi efficace qu'une condition « active » où les étudiants génèrent partiellement un graphique organisateur en complétant les boîtes vides du squelette qui leur est fourni. Bien que les performances du groupe « graphique donné » et « graphique auto-généré partiel » aient été similaires dans les études 3, 4 et 5, les étudiants réalisant l'activité de génération passaient significativement plus de temps sur le document. Ainsi, cette condition peut être considérée comme étant moins efficace que la condition où le graphique est fourni avec le document multimédia (mêmes performances d'apprentissage avec un temps plus long passé sur le document). En accord avec

ces résultats, l'auto-génération partielle s'est donc avérée plus efficace que l'étude du texte seul (condition contrôle) ou encore que l'auto-génération totale du graphique. En effet, la comparaison de ces deux activités d'auto-génération a montré dans l'étude 3 que fournir le squelette du graphique permettait d'augmenter la mémorisation ainsi que la compréhension des étudiants.

L'absence de différence entre le groupe auto-génération partielle du graphique et le groupe graphique donné pourrait s'expliquer par le fait que les étudiants de la condition d'auto-génération n'étaient pas assez impliqués dans cette activité. En effet, il était possible que les étudiants recopient simplement les informations du texte dans le graphique sans traiter de manière profonde les informations. Cela fait notamment échos aux études ayant montré que copier-coller des informations est moins efficace en termes d'apprentissage que de prendre des notes avec ses propres mots dans le mesure où le copier-coller est parfois réalisé sans engagement cognitif important (e.g., Igo & Kiewra, 2007; Igo, Kiewra, & Bruning, 2008 ; Katayama, Shambaugh, & Doctor, 2005 ; Stacy & Cain 2015). L'objectif de notre quatrième étude était donc d'augmenter l'investissement des étudiants dans cette activité en essayant au mieux de ne pas augmenter les processus incidents liés à la génération.

2.3. Contraindre l'accès au document

Dans l'étude 4, les étudiants devaient soit compléter les boîtes vides du graphique organisateur en ayant accès simultanément au document multimédia soit compléter les boîtes vides de ce graphique sans accès simultané au document. Dans ce dernier cas, les étudiants devaient donc maintenir les informations essentielles du document en mémoire afin de les retranscrire dans le graphique organisateur. Cette contrainte avait pour but d'impliquer davantage les étudiants dans le traitement des informations, soit de les rendre encore plus actif dans cette activité afin d'éviter une simple recopie des termes présentés. Nous souhaitons donc introduire une difficulté désirable dans la réalisation du graphique, visant à améliorer les processus d'encodage mis en place par les étudiants et par conséquent leur mémorisation et compréhension (Bjork, 1994 ; Bjork & Bjork, 2011). Les résultats de cette étude montrent que cette contrainte n'a pas influencé les performances d'apprentissage des étudiants. Toutefois, cela a significativement

augmenté l'évaluation subjective de la quantité d'efforts perçus investis dans la tâche d'apprentissage rapportée par les étudiants. Malheureusement, la navigation au sein du document multimédia s'est avérée complexe dans le cas où l'accès au document était contraint lors de la complétion du graphique. Nous reviendrons sur ce point dans la partie limite de cette section.

Outre les difficultés de navigation, les étudiants étaient fortement focalisés sur l'activité de génération ce qui a pu les éloigner de la tâche principale d'apprentissage. Au sein des quatre premières études, les étudiants se trouvaient dans une situation de double-tâche où ils devaient à la fois générer le graphique organisateur et apprendre les informations du document. Cela n'était pas le cas en condition « graphique donné » où les étudiants devaient seulement apprendre les informations qui leur étaient présentées. Il est possible, que les étudiants aient été, dans ces quatre premières études, activement impliqués dans l'activité de génération du graphique au dépend de l'activité d'apprentissage, soit de construction du sens à partir du matériel présenté. C'est pourquoi, nous avons souhaité étudier l'effet de la segmentation de ces deux activités sur les performances d'apprentissage des étudiants dans la dernière étude réalisée.

2.4. La segmentation des tâches de génération et d'apprentissage

Le contexte expérimental a été modifié dans la cinquième étude afin d'éviter une situation de double-tâche où les étudiants devaient à la fois générer le graphique organisateur et à la fois apprendre le document. Cette situation de double-tâche induite lors des précédentes études pourrait expliquer en partie les résultats négatifs obtenus aux différentes mesures de l'apprentissage dans les premières études ainsi que l'absence d'effet obtenu dans les études 3 et 4 lorsque la génération du graphique organisateur était partielle. Ainsi, dans la dernière étude, il était demandé aux étudiants de compléter les boîtes vides du graphique organisateur dans un premier temps (génération partielle) puis d'apprendre les informations présentées dans le document multimédia dans un second temps.

Les résultats de cette étude montrent que la séparation de la tâche de génération du graphique avec la tâche d'apprentissage a permis aux étudiants

d'obtenir les performances les plus élevées au questionnaire de mémorisation des informations représentées sur le graphique ainsi qu'au questionnaire de transfert des connaissances. Leurs performances étaient, en effet, significativement supérieures à celles des trois autres groupes de l'étude (groupe contrôle, groupe « graphique donné », groupe « graphique auto-généré phases combinés »). De plus, les étudiants ne passaient pas plus de temps sur le document comparativement aux étudiants où les phases étaient mélangées. Ainsi, en réalisant un guidage dans le traitement des informations, cela a permis d'améliorer l'apprentissage des étudiants. Toutefois, les étudiants passaient plus de temps que dans la condition « graphique donné ».

3. Limites et perspectives de recherches

Plusieurs limites peuvent être identifiées pour les différentes études que nous avons réalisées. Celles-ci seront discutées et des perspectives de recherche pour chacun des points seront proposées.

3.1. Les caractéristiques des participants

Dans l'ensemble de nos études, les participants avaient peu, voire aucune connaissance préalable sur le thème du document qu'ils allaient étudier. En effet, le thème de la mémoire n'avait jamais été vu au cours de leur cursus. Les travaux réalisés par Kalyuga (2005, 2006a, 2006b, 2007, 2009 ; Kalyuga, Ayres, Chandler, & Sweller, 2003) montrent que l'expertise joue un rôle essentiel dans l'apprentissage dans la mesure où les connaissances de base des apprenants leur permettent d'avoir accès à davantage de ressources pour traiter les informations qui leurs sont présentées. Par conséquent, des techniques efficaces pour des étudiants ayant de faibles connaissances préalables ne le seront pas forcément pour des étudiants ayant une expertise préalable dans le domaine étudié. De la même façon, les efforts requis par les activités de génération pourraient s'avérer moins contraignants pour les personnes ayant des connaissances préalables plus élevées sur le thème du document. D'autant plus que les activités de génération peuvent être difficiles à réaliser pour les étudiants et plus particulièrement pour les « novices » (Hilbert &

Renkl, 2005, 2008). Toutefois, pour des étudiants plus experts du domaine, l'extraction de la macrostructure des informations peut sembler aisée et les effets bénéfiques d'un graphique organisateur pourraient être moindre comparativement aux étudiants plus novices dans le domaine. Ainsi, il serait intéressant de manipuler l'expertise des apprenants afin de trouver un juste milieu dans le niveau d'expertise préalable permettant de bénéficier au mieux des activités de génération sur les performances d'apprentissage.

Une des autres caractéristiques importantes des apprenants concerne leur niveau de familiarité avec l'usage de graphiques organisateurs, c'est-à-dire leurs expériences préalables avec ce type de support. En effet, dans les études que nous avons réalisées, nous n'avons pas questionné les étudiants sur leur habitude ou non à utiliser ou bien à générer des graphiques organisateurs. Il est possible que les étudiants utilisant régulièrement des graphiques organisateurs pour leur apprentissage rencontrent moins de difficulté lors de la génération. Il serait donc pertinent de prendre en compte cette caractéristique et d'observer si la familiarité avec les aides visuelles influence les performances d'apprentissage des étudiants. Néanmoins, dans nos études les tutoriels vidéos, montrant aux participants comment construire ou compléter le graphique organisateur avec l'outil d'édition utilisé, visaient à tempérer ces effets afin qu'aucun étudiant ne rencontre de difficultés particulières au cours de l'activité de génération. De plus, le temps de consultation du document (et donc de génération du graphique) était laissé libre aux apprenants afin de permettre à certains étudiants de compenser leurs éventuelles difficultés de génération du graphique. Il serait également intéressant de prendre en compte plusieurs capacités cognitives des apprenants pour analyser plus précisément les effets des activités de génération sur l'apprentissage. Les capacités visuo-spatiales des étudiants pourraient être considérées en tant que variable contrôle lors de l'étude d'informations représentées spatialement via l'utilisation par exemple du test d'habiletés spatiales d'Ekstrom, French et Harman (1976) utilisé notamment dans des études portant sur la génération d'illustrations (e.g., Schwaborn, Thillmann, Opfermann, & Leutner, 2011).

3.2. La qualité des aides visuelles générées

Il est essentiel de prendre en compte la qualité des aides visuelles générées lorsqu'on étudie les performances d'apprentissage des étudiants dans ce type de condition. Malheureusement, ces données ne sont pas toujours disponibles (e.g., Stull & Mayer, 2007) et il s'avère alors délicat de conclure que les effets négatifs observés sont dû à la génération même (processus) et non au produit réalisé. Cela se rapproche des travaux réalisés sur la prise de note montrant qu'à la fois le processus de prise de note est important tout comme le produit réalisé (notes qui ont été prises) (Di Vesta & Gray, 1972 ; Luo, Kiewra, Flanigan, & Peteranetz, 2018 ; Kiewra, 1985). La qualité du graphique peut, en effet, médiatiser les performances d'apprentissage obtenues (e.g., Liu, 2011). Toutefois, dans nos études, peu de problèmes de construction étaient rencontrés et les graphiques organisateurs générés étaient toujours proches du graphique fourni dans la condition « graphique donné ». Néanmoins, il serait intéressant d'étudier ces effets avec des échantillons beaucoup plus importants qui permettraient la réalisation d'analyses de différences intragroupes.

3.3. Le type de graphique organisateur

Nous avons fait le choix, dans le cadre de ces études, d'utiliser un graphique organisateur délimité par des cases dans lesquelles il fallait noter les éléments importants, c'est-à-dire les différents types de mémoires et leurs sous-composantes. Le format utilisé ici était donc très contraint du fait de sa construction. En effet, nous souhaitons que chaque étudiant du groupe « graphique auto-généré » puisse avoir accès au même graphique à la fin de sa lecture du document que le groupe « graphique donné » afin de pouvoir tester plus précisément les effets de génération. Or, ce graphique était relativement simple et laissait peu de place à l'ajout d'éléments liés à la microstructure du texte ou encore à l'élaboration d'inférences. Un autre type de graphique organisateur, tel que les matrices, permettrait de laisser davantage de place à la réalisation et à la complétion personnelle du graphique. Ainsi, les résultats obtenus dans cette étude pourraient être différents avec l'utilisation de différents graphiques organisateurs plus complexes. Des études comparant les effets de génération de structures

hiérarchiques à la réalisation de matrices sur la qualité du contenu généré ainsi que sur les performances d'apprentissage ont été réalisées au cours de cette thèse dans le cadre d'un séjour doctoral à l'université Lincoln-Nebraska aux Etats-Unis.

3.4. Les performances d'apprentissage au long terme

Être actif dans son apprentissage en générant un graphique organisateur n'entraîne pas de meilleures performances comparativement à un groupe où le graphique est donné. En effet, les résultats de nos études montrent des performances similaires (génération partielle) voire négatives (génération totale) lorsque le graphique est généré en comparaison aux groupes où le graphique est donné. Or, selon l'hypothèse de génération, en réalisant un graphique, les étudiants devraient être davantage engagés dans l'activité d'apprentissage et par conséquent dans les processus essentiels à la compréhension que sont la sélection, l'organisation et l'intégration des informations. Il est possible que les étudiants en condition « graphique auto-généré partiel » réalisent vraiment un traitement plus profond des informations sans que cela ne s'observe sur un questionnaire d'apprentissage immédiat (Craik & Lockhart, 1972). En effet, nous pourrions faire l'hypothèse que les étudiants du groupe « graphique donné » ont encodé superficiellement les informations du graphique organisateur. Ainsi, après avoir visionné le document multimédia accompagné du graphique organisateur pendant 20 à 30 minutes, ils se souviennent aisément de son contenu. Toutefois, ces informations pourraient être oubliées lors d'un rappel différé de l'information. Au contraire, les étudiants devant générer partiellement le graphique organisateur pourraient encoder plus profondément les informations du document et obtenir les mêmes performances que le groupe « graphique donné » sur un questionnaire d'apprentissage immédiat. Cependant, la trace mnésique créée étant plus solide en mémoire, celle-ci devrait être plus facilement retrouvée lors d'un questionnaire différé. Une nouvelle étude va être réalisée afin de tester cette hypothèse.

3.5. Engagement cognitif et engagement comportemental

L'engagement des étudiants dans l'activité d'apprentissage est essentiel afin qu'ils s'impliquent dans le traitement profond des informations (Newmann, 1992).

Dans le cadre du travail académique, l'engagement est vu comme étant l'investissement d'efforts dirigés vers l'activité d'apprentissage par les apprenants (Lamborn, Newmann, & Wehlage, 1992, p.12). Il est important de souligner le fait qu'un engagement comportemental n'est pas synonyme d'un engagement cognitif (Mayer, 2014a). L'engagement comportemental, peut être considéré comme étant l'implication de l'étudiant dans la tâche d'apprentissage via, par exemple, la génération d'une aide visuelle (Fredericks, Blumenfeld, & Paris, 2004 ; Skinner & Belmont, 1993) tandis que l'engagement cognitif correspond à l'utilisation de stratégies d'apprentissage ainsi qu'aux processus d'auto-régulation de son apprentissage (Fredricks et al., 2004 ; Fredricks & McColskey, 2012). Comme nous le suggérons dans la discussion de l'étude 4, les étudiants devant compléter les boîtes vides du graphique organisateur (groupe « graphique auto-généré partiel ») pouvaient ne pas être assez impliqués cognitivement dans l'activité de génération dans le sens où ils recopiaient simplement les informations du texte dans le graphique. Nous faisons alors l'hypothèse que cet engagement comportemental dans l'activité de génération n'entraînait pas d'engagement cognitif important. C'est pourquoi, nous souhaitons augmenter l'engagement cognitif des étudiants dans l'étude 5 en demandant une génération partielle sans accès simultané au document multimédia. Ainsi, la réalisation d'une activité comportementale au cours de l'apprentissage ne garantit en rien une activité cognitive importante de l'étudiant (Mayer, 2014a). De la même façon, des étudiants peuvent sembler passif au niveau comportemental face à l'information mais être très engagé dans le traitement des informations au niveau cognitif. À ce niveau, de nombreuses différences interindividuelles pourraient être observées à l'intérieur d'un même groupe. Il serait donc intéressant de prendre en compte cet engagement cognitif dans de futures études via l'utilisation, par exemple de questionnaire d'évaluation subjective des stratégies cognitives utilisées au cours de l'apprentissage ou encore de protocoles de verbalisation lors de l'étude du document.

3.6. Mesures de la charge cognitive

Dans nos trois premières études, la charge cognitive induite par la génération du graphique organisateur était évaluée via l'utilisation d'un questionnaire d'évaluation subjective de la difficulté perçue. Toutefois, les étudiants devant

généraliser un graphique ne semblaient pas percevoir la tâche d'apprentissage comme étant difficile (voir Tableau 1, 2 et 3). Si, la tâche de génération n'était pas forcément difficile, celle-ci semblait demander beaucoup d'efforts de la part des étudiants pour être réalisée en termes de construction et de temps de réalisation (glisser-déposer les boîtes et les flèches, relier les flèches entre les boîtes). C'est pourquoi, l'échelle d'évaluation subjective de la difficulté perçue a été remplacée dans les études suivantes par des items d'évaluation subjective des efforts perçus. Cela nous a alors permis d'observer plus de différences entre les groupes comme le montrent les tableaux 4 et 5. Toutefois, la réalisation de la tâche de génération de graphiques était également facilitée en parallèle en demandant aux étudiants de seulement compléter les boîtes vides du squelette du graphique organisateur.

Finalement, des mesures conjointes de la difficulté perçue de la tâche ainsi que des efforts perçus investis dans la réalisation de cette activité pourraient être réalisées. Il serait également intéressant d'utiliser des mesures plus complètes de la charge cognitive en utilisant par exemple le questionnaire de charge cognitive développé par Leppink, Paas, van Gog, van der Vleuten et van Merriënboer (2014) mesurant à la fois la charge cognitive extrinsèque, intrinsèque ainsi que la charge utile.

3.7. Les conditions écologiques

Le matériel d'apprentissage utilisé dans les études de cette thèse a été élaboré en prenant soin que celui-ci s'apparente à un document d'apprentissage utilisé en contexte naturel. En effet, le document était relativement dense (1500 mots, session d'apprentissage d'une demi-heure environ) et portait sur un thème étudié en deuxième année de licence en psychologie. Toutefois, les études ayant été réalisées en laboratoire, les effets observés pourraient être tout à fait différents dans un contexte écologique. Nous souhaitons poursuivre nos études dans des contextes de classe afin d'observer les effets des graphiques organisateurs sur les performances d'apprentissage dans des situations naturelles. Nous avons eu récemment la possibilité de réaliser une première partie d'étude afin de comparer les effets d'un cours de psychologie cognitive où l'enseignant présente le diaporama seul à l'écran versus le diaporama ainsi qu'un graphique organisateur (structure hiérarchique) regroupant l'ensemble des informations essentielles du cours

à l'écran. Les données de cette première étude montrent des résultats positifs de l'ajout d'un graphique organisateur au diaporama dans un contexte de cours présentiel sans consigne explicite d'apprentissage. Ces premiers résultats répliquent les récentes données obtenues dans l'article de Ponce, Mayer, Lopez, & Loyola, 2018. Ponce et ses collaborateurs ont montré que les étudiants de la classe où le PowerPoint du cours était accompagné d'un graphique organisateur complété par l'enseignant ont obtenu de meilleures performances de mémorisation et de compréhension face aux étudiants de la classe où seul le diaporama leur était présenté. Nous préparons actuellement la réalisation d'une nouvelle étude où il serait demandé aux étudiants de générer une aide visuelle en classe afin de tester les effets de génération en contexte écologique sur les performances d'apprentissage. Très peu d'études se sont intéressées à ces effets en contexte écologique, laissant alors la porte ouverte à la réalisation de nombreuses recherches dans ce champ afin d'améliorer l'apprentissage des étudiants.

4. Conclusion générale

Dans le domaine pédagogique il est souvent recommandé de rendre les étudiants actifs dans leur apprentissage en vue d'améliorer leur compréhension notamment via l'engagement des étudiants dans de nombreuses activités de générations (illustrations, graphiques organisateurs, etc.). Or, contrairement à ces attentes, les études de cette thèse montrent qu'être plus actif dans son apprentissage peut avoir des effets délétères sur la mémorisation ainsi que sur la compréhension des informations présentées dans un document pédagogique. Ces études soulignent alors l'importance de la prise en compte des conditions de réalisation des activités de génération (*scaffolding* de l'activité, guidage dans le traitement des informations) influençant l'apprentissage des étudiants. Ainsi, afin d'éviter les effets néfastes des activités de génération, différents éléments doivent être considérés tels que l'expertise préalables des apprenants, les demandes requises par la tâche (en termes de temps et d'efforts) ou encore la qualité des informations générées. Si nous avons pu constater, une augmentation du nombre d'études réalisées dans ce domaine récemment, il n'en demeure pas moins, au regard de ces constatations, nécessaire de mettre en place de nouvelles recherches.

Bibliographie

A

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & education*, 33(2-3), 131-152. DOI: 10.1016/S0360-1315(99)00029-9.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.03.001.
- Amadiou, F., Mariné, C., & Laimay, C. (2011). The attention-guiding effect and cognitive load in the comprehension of animations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 36-40. DOI: 10.1016/j.chb.2010.05.009.
- Amadiou, F., & Salmerón, L. (2014). Concept Maps for Comprehension and Navigation of Hypertexts. In D. Ifenthaler & R. Hanewald (Eds.), *Digital Knowledge Maps in Education* (pp. 41–59). New York, NY: Springer New York. DOI: 10.1007/978-1-4614-3178-7_3.
- Amadiou, F., & Tricot, A. (2015). Les facteurs psychologiques qui ont un effet sur la réussite des étudiants. *Recherche et Pratiques Pédagogiques En Langues de Spécialité - Cahiers de L APLIUT*, (Vol. XXXIV N° 2). DOI: 10.4000/apliut.5155.
- Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Prior knowledge in learning from a non-linear electronic document: Disorientation and coherence of the reading sequences. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 381-388. DOI: 10.1016/j.chb.2008.12.017.
- Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2010). Interaction between prior knowledge and concept-map structure on hypertext comprehension, coherence of

reading orders and disorientation. *Interacting with computers*, 22(2), 88-97.

DOI: 10.1016/j.intcom.2009.07.001.

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. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2009.02.005.

Austin, J. L., Lee, M., & Carr, J. P. (2004). The effects of guided notes on undergraduate students' recording of lecture content. *Journal of Instructional Psychology*, 31, 314-320.

Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267-272. DOI: 10.1037/h0046669.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt.

B

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. DOI: 10.1126/science.1736359.

Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working?. *European psychologist*, 7(2), 85-97.

Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189-208. DOI: 10.1016/S0021-9924(03)00019-4.

Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought, and action*. OUP Oxford.

Balluerka, N. (1995). The influence of instructions, outlines, and illustrations on the

- comprehension and recall of scientific texts. *Contemporary Educational Psychology*, 20(3), 369-375. DOI: 10.1006/ceps.1995.1024.
- Bera, S. J., & Robinson, D. H. (2004). Exploring the Boundary Conditions of the Delay Hypothesis With Adjunct Displays. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 381-388. DOI: 10.1037/0022-0663.96.2.381.
- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In, R. W. Pew, L. M. Hough, & J. R. Pomerantz (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56–64). Washington, DC: FABBS Foundation.
- Blankenship, J., & Dansereau, D. F. (2000). The Effect of Animated Node-Link Displays on Information Recall. *The Journal of Experimental Education*, 68(4), 293-308. DOI: 10.1080/00220970009600640.
- Boucheix, J.-M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123-135. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2009.02.015.
- Boucheix, J.-M., Lowe, R. K., Putri, D. K., & Groff, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71-84. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2012.11.005.

- Bower, G. H. (1970). Imagery as a relational organizer in associative learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9(5), 529-533. DOI: 10.1016/S0022-5371(70)80096-2.
- Britton, B. K., Glynn, S. M., Meyer, B. J., & Penland, M. J. (1982). Effects of text structure on use of cognitive capacity during reading. *Journal of Educational Psychology*, 74(1), 51-61. DOI: 10.1037/0022-0663.74.1.51.
- Bui, D. C., & McDaniel, M. A. (2015). Enhancing learning during lecture note-taking using outlines and illustrative diagrams. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 4(2), 129-135. DOI: 10.1016/j.jarmac.2015.03.002.

C

- Cauchard, F., Eyrolle, H., Cellier, J.-M., & Hyönä, J. (2010). Visual Signals Vertically Extend the Perceptual Span in Searching a Text: A Gaze-Contingent Window Study. *Discourse Processes*, 47(8), 617-640. DOI: 10.1080/01638531003628791.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Chang, K.-E., Sung, Y.-T., & Chen, I.-D. (2002). The Effect of Concept Mapping to Enhance Text Comprehension and Summarization. *The Journal of Experimental Education*, 71(1), 5-23. DOI: 10.1080/00220970209602054.
- Chularut, P., & DeBacker, T. K. (2004). The influence of concept mapping on achievement, self-regulation, and self-efficacy in students of English as a second language. *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 248-263. DOI: 10.1016/j.intcom.2009.07.001.

- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210. DOI: 10.1007/bf01320076.
- Colliot, T., & Jamet, É. (2018a). Does self-generating a graphic organizer while reading improve students' learning? *Computers & Education*, 126, 13-22. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.06.028.
- Colliot, T., & Jamet, É. (2018b). How does adding versus self-generating a hierarchical outline while learning from a multimedia document influence students' performances? *Computers in Human Behavior*, 80, 354-361. DOI: 10.1016/j.chb.2017.11.037.
- Craig, S. D., Gholson, B., & Driscoll, D. M. (2002). Animated pedagogical agents in multimedia educational environments: Effects of agent properties, picture features and redundancy. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 428–434.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 671-684. DOI: 10.1016/s0022-5371(72)80001-x.

D

- Daher, T. A., & Kiewra, K. A. (2016). An investigation of SOAR study strategies for learning from multiple online resources. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 10-21.
- de Boer, H., Donker, A. S., Kostons, D. D. N. M., & van der Werf, G. P. C. (2018). Long-term effects of metacognitive strategy instruction on student academic performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 24, 98-115. DOI: 10.1016/j.edurev.2018.03.002.

- De Corte, E. (Ed.). (2003). *Powerful learning environments: unravelling basic components and dimensions* (1. ed). Amsterdam: Pergamon.
- de Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2007). Attention cueing as a means to enhance learning from an animation. *Applied Cognitive Psychology, 21*(6), 731-746. DOI: 10.1002/acp.1346.
- de Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2009). Towards a Framework for Attention Cueing in Instructional Animations: Guidelines for Research and Design. *Educational Psychology Review, 21*(2), 113-140. DOI: 10.1007/s10648-009-9098-7.
- Dee-Lucas, D., & Di Vesta, F. J. (1980). Learner-generated organizational aids: Effects on learning from text. *Journal of Educational Psychology, 72*(3), 304-311. DOI: 10.1037/0022-0663.72.3.304.
- Dee-Lucas, D., & Larkin, J. H. (1995). Learning from electronic texts: Effects of interactive overviews for information access. *Cognition and instruction, 13*(3), 431-468. DOI : 10.1207/s1532690xci1303_4.
- DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 223-234. DOI: 10.1037/0022-0663.100.1.223.
- Di Vesta, F. J., & Gray, S. G. (1972). Listening and note taking. *Journal of Educational Psychology, 63*(1), 8–14. DOI: 10.1037/h0032243.
- Doctorow, M., Wittrock, M. C., & Marks, C. (1978). Generative processes in reading comprehension. *Journal of Educational Psychology, 70*(2), 109-118. DOI: 10.1037/0022-0663.70.2.109.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013).

Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58. DOI: 10.1177/1529100612453266.

E

Eitel, A., & Scheiter, K. (2015). Picture or Text First? Explaining Sequence Effects when Learning with Pictures and Text. *Educational Psychology Review*, 27(1), 153-180. DOI: 10.1007/s10648-014-9264-4.

Ekstrom, R. B., French, J. W., & Harman, H. H. (1976). Manual for kit of factor referenced cognitive tests. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

F

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). Learning as a generative activity. Cambridge University Press.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717-741. DOI: 10.1007/s10648-015-9348-9.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2017). Spontaneous spatial strategy use in learning from scientific text. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 66-79. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2017.01.002.

Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). Drawing Boundary Conditions for Learning by Drawing. *Educational Psychology Review*, 30(3), 1115-1137. DOI: 10.1007/s10648-018-9444-8.

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive *monitoring*: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist*, 34(10), 906. DOI: 10.1037/0003-066X.34.10.906.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of educational research*, 74(1), 59-109. DOI: 10.3102/00346543074001059.

Fredricks, J. A., & McColskey, W. (2012). The measurement of student engagement: A comparative analysis of various methods and student self-report instruments. In *Handbook of research on student engagement* (pp. 763-782). Springer, Boston, MA.

G

Garner, R. (1987). Strategies for Reading and Studying Expository Text. *Educational Psychologist*, 22(3-4), 299-312. DOI: 10.1080/00461520.1987.9653054.

Gisquet-Verrier, P. (2006). Bases structurales et anatomiques de la mémoire. *Epilepsies*, 18(2), 21-29.

Glynn, S. M., Britton, B. K., & Denise Muth, K. (1985). Text-Comprehension Strategies Based on Outlines: Immediate and Long-Term Effects. *The Journal of Experimental Education*, 53(3), 129-135. DOI: 10.1080/00220973.1985.10806373.

Glynn, S. M., & Di Vesta, F. J. (1977). Outline and hierarchical organization as aids for study and retrieval. *Journal of Educational Psychology*, 69(2), 89-95. DOI: 10.1037/0022-0663.69.2.89.

Graesser, A. C., Hauff-Smith, K., Cohen, A. D., & Pyles, L. D. (1980). Advanced Outlines, Familiarity, and Text Genre on Retention of Prose. *The Journal of Experimental Education*, 48(4), 281-290. DOI: 10.1080/00220973.1980.11011745.

Guri-Rozenblit, S. (1989). Effects of a Tree Diagram on Students' Comprehension of Main Ideas in an Expository Text with Multiple Themes. *Reading Research Quarterly*, 24(2), 236-247. DOI: 10.2307/747866.

H

Hall, V. C., Bailey, J., & Tillman, C. (1997). Can student-generated illustrations be worth ten thousand words?. *Journal of Educational Psychology*, 89(4), 677-681. DOI: 10.1037/0022-0663.89.4.677.

Hall, R. H., & O'Donnell, A. (1996). Cognitive and affective outcomes of learning from knowledge maps. *Contemporary Educational Psychology*, 21(1), 94-101. DOI: 10.1006/ceps.1996.0008.

Hegarty, M. (2011). The Cognitive Science of Visual-Spatial Displays: Implications for Design. *Topics in Cognitive Science*, 3(3), 446-474. DOI: 10.1111/j.1756-8765.2011.01150.x.

Hilbert, T. S., & Renkl, A. (2005, January). Individual Differences in Concept Mapping when Learning from Texts. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 27, No. 27).

Hilbert, T. S., & Renkl, A. (2008). Concept mapping as a follow-up strategy to learning from texts: what characterizes good and poor mappers? *Instructional Science*, 36(1), 53-73. DOI: 10.1007/s11251-007-9022-9.

- Holley, C. D., Dansereau, D. F., McDonald, B. A., Garland, J. C., & Collins, K. W. (1979). Evaluation of a hierarchical mapping technique as an aid to prose processing. *Contemporary Educational Psychology*, 4(3), 227-237. DOI: 10.1016/0361-476X(79)90043-2.
- Hyönä, J., & Lorch, R. F. (2004). Effects of topic headings on text processing: evidence from adult readers' eye fixation patterns. *Learning and Instruction*, 14(2), 131-152. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2004.01.001.
- Hyönä, J., Lorch, R. F., Jr., & Kaakinen, J. K. (2002). Individual differences in reading to summarize expository text: Evidence from eye fixation patterns. *Journal of Educational Psychology*, 94(1), 44-55. DOI: 10.1037//0022-0663.94.1.44.
- Hyönä, J., & Nurminen, A.-M. (2006). Do adult readers know how they read? Evidence from eye movement patterns and verbal reports. *British Journal of Psychology*, 97(1), 31-50. DOI: 10.1348/000712605X53678.

- Igo, L. B., & Kiewra, K. A. (2007). How do high-achieving students approach web-based, copy and paste note taking? Selective pasting and related learning outcomes. *Journal of Advanced Academics*, 18(4), 512-529.
- Igo, L. B., Kiewra, K. A., & Bruning, R. (2008). Individual differences and intervention flaws: A sequential explanatory study of college students' copy-and-paste note taking. *Journal of Mixed Methods Research*, 2(2), 149-168.

J

- Jairam, D., & Kiewra, K. A. (2009). An investigation of the SOAR study method. *Journal of Advanced Academics*, 20(4), 602-629. DOI: 10.1177/1932202X0902000403.
- Jairam, D., & Kiewra, K. A. (2010). Helping students soar to success on computers: An investigation of the SOAR study method for computer-based learning. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 601–614. DOI: 10.1037/a0019137.
- Jamet, E. (2008). *La compréhension des documents multimédias: de la cognition à la conception*. Solal, Marseille.
- Jamet, E. (2014). An eye-tracking study of cueing effects in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 32, 47–53. DOI: 10.1016/j.chb.2013.11.013.
- Jamet, E., & Arguel, A. (2008). La compréhension d'un document technique multimédia peut-elle être améliorée par une présentation séquentielle de son contenu ? *Le travail humain*, 71(3), 253-270. DOI: 10.3917/th.713.0253.
- Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and instruction*, 18(2), 135-145. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2007.01.011.

K

- Kalyuga, S. (2005). Prior Knowledge Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 325-337). New York, NY, US: Cambridge University Press.

- Kalyuga, S. (2006a). Assessment of learners' organised knowledge structures in adaptive learning environments. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 20(3), 333-342.
- Kalyuga, S. (2006b). Rapid cognitive assessment of learners' knowledge structures. *Learning and Instruction*, 16(1), 1-11.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509-539.
- Kalyuga, S. (2009). The expertise reversal effect. In *Managing Cognitive Load in Adaptive Multimedia Learning* (pp. 58-80). IGI Global.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_4.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 13(4), 351-371.
- Katayama, A. D., & Robinson, D. H. (2000). Getting students "partially" involved in note-taking using graphic organizers. *The Journal of Experimental Education*, 68(2), 119-133. DOI: 10.1080/00220970009598498.
- Katayama, A. D., Shambaugh, R. N., & Doctor, T. (2005). Promoting knowledge transfer with electronic note taking. *Teaching of Psychology*, 32(2), 129-131.
- Kauffman, D. F., & Kiewra, K. A. (2010). What makes a matrix so effective? An empirical test of the relative benefits of signaling, extraction, and localization. *Instructional Science*, 38(6), 679-705. DOI: 10.1007/s11251-009-9095-8.

- Kiewra, K. A. (1985). Investigating notetaking and review: A depth of processing alternative. *Educational Psychologist*, 20, 23–32.
- Kiewra, K. A. (2005). *Learn how to study and SOAR to success*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Kiewra, K. A. (2009). *Teaching how to learn: The teacher's guide to student success*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Kiewra, K. A. (2012). Using graphic organizers to improve teaching and learning. *IDEA Papers*, 51, 1-10.
- Kiewra, K. A. (2015). Note Taking on Trial: A Legal Application of Note-Taking Research. *Educational Psychology Review*, 28(2), 377-384.
- Kiewra, K. A., & Benton, S. L. (1987). Effects of Notetaking, the Instructor's Notes, and Higher-Order Practice Questions on Factual and Higher-Order Learning. *Journal of Instructional Psychology*, 14(4), 186-194.
- Kiewra, K. A., Benton, S. L., Kim, S. I., Risch, N., & Christensen, M. (1995). Effects of note-taking format and study technique on recall and relational performance. *Contemporary Educational Psychology*, 20(2), 172-187. DOI: 10.1006/ceps.1995.1011.
- Kiewra, K. A., DuBois, N. F., Christian, D., & McShane, A. (1988). Providing study notes: Comparison of three types of notes for review. *Journal of educational psychology*, 80(4), 595-597. DOI: 10.1037/0022-0663.80.4.595.
- Kiewra, K. A., Kauffman, D. F., Robinson, D. H., Dubois, N. F., & Staley, R. K. (1999). Supplementing floundering text with adjunct displays. *Instructional Science*, 27(5), 373-401.

- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological review*, 95(2), 163. DOI: 10.1037/0033-295X.95.2.163.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49(4), 294-303.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Kintsch, W. and Rawson, K. A. (2005). Comprehension. in M. J. Snowling and C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. DOI: 10.1002/9780470757642.ch12.
- Kintsch, W., & Van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological review*, 85(5), 363. DOI: 10.1037/0033-295X.85.5.363.
- Krug, D., George, B., Hannon, S. A., & Glover, J. A. (1989). The effect of outlines and headings on readers' recall of text. *Contemporary Educational Psychology*, 14(2), 111-123. DOI: 10.1016/0361-476X(89)90029-5.

L

- Lamborn, S., Newmann, F., & Wehlage, G. (1992). The significance and sources of student engagement. Student engagement and achievement in American secondary schools, 11-39.
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11(1), 65-100. DOI: 10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x.

- Leahy, W., & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology, 25*(6), 943-951. DOI: 10.1002/acp.1787.
- Lee, H. W., Lim, K. Y., & Grabowski, B. L. (2008). Generative learning: Principles and implications for making meaning. *Handbook of research on educational communications and technology, 3*, 111-124.
- Lehmann, T., Hähnlein, I., & Ifenthaler, D. (2014). Cognitive, metacognitive and motivational perspectives on reflection in self-regulated online learning. *Computers in Human Behavior, 32*, 313–323.
- Lemarié, J. (2016). *Signalisation, compréhension de textes et apprentissage multimedia*. Rapport en vue de l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Toulouse 2.
- Lemarié, J., Lorch, R. F., Eyrolle, H., & Virbel, J. (2008). SARA: A Text-Based and Reader-Based Theory of Signaling. *Educational Psychologist, 43*(1), 27-48. DOI: 10.1080/00461520701756321.
- Lemarié, J., Lorch, R. F., & Péry-Woodley, M.-P. (2012). Understanding How Headings Influence Text Processing. Discours. *Revue de Linguistique, Psycholinguistique et Informatique, 10*.
- Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. M., & van Merriënboer, J. J. G. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction, 30*, 32-42. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.12.001.
- Leutner, D., & Schmeck, A. (2014). 18 The Generative Drawing Principle in Multimedia Learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 433-448.

- Lin, L., Lee, C. H., Kalyuga, S., Wang, Y., Guan, S., & Wu, H. (2017). The Effect of Learner-Generated Drawing and Imagination in Comprehending a Science Text. *The Journal of Experimental Education*, 85(1), 142-154. DOI: 10.1080/00220973.2016.1143796.
- Lieury, A. (1993). *La mémoire, du cerveau à l'école: un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir*. Paris : Flammarion.
- Lieury, A. (2004). *Psychologie cognitive : cours et exercices*. Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2005). *Psychologie de la mémoire: histoire, théories, expériences*. Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2011). *Manuel visuel de psychologie cognitive*. (2ème édition). Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2012). *Mémoire et réussite scolaire*. (4ème édition). Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2013). *Le livre de la mémoire*. Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2014). *Introduction à la psychologie cognitive*. Paris : Dunod.
- Lieury, A. (2015). *Manuel visuel de psychologie cognitive*. (4ème édition). Paris : Dunod.
- Liu, P.-L. (2011). A study on the use of computerized concept mapping to assist ESL learners' writing. *Computers & Education*, 57(4), 2548-2558. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.03.015.
- Loman, N. L., & Mayer, R. E. (1983). Signaling techniques that increase the understandability of expository prose. *Journal of Educational psychology*, 75(3), 402-412. DOI: 10.1037/0022-0663.75.3.402.
- Lonka, K., Lindblom-YläÄanne, S., & Maury, S. (1994). The effect of study strategies on learning from text. *Learning and Instruction*, 4(3), 253-271. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90026-4.

- Lorch, R. F., Chen, H.-T., & Lemarié, J. (2012). Communicating headings and preview sentences in text and speech. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(3), 265-276. DOI: 10.1037/a0029547.
- Lorch, R. F., Lemarié, J., & Chen, H.-T. (2013). Signaling topic structure via headings or preview sentences. *Revista de Psicología Educativa*, 19(2), 59-66. DOI : 10.5093/ed2013a11.
- Lorch, R., Lemarié, J., & Grant, R. (2011a). Signaling Hierarchical and Sequential Organization in Expository Text. *Scientific Studies of Reading*, 15(3), 267–284. DOI: 10.1080/10888431003747535.
- Lorch, R. F., Lemarié, J., & Grant, R. A. (2011b). Three Information Functions of Headings: A Test of the SARA Theory of Signaling. *Discourse Processes*, 48(3), 139–160. DOI: 10.1080/0163853X.2010.503526.
- Lorch Jr, R. F., & Lorch, E. P. (1995). Effects of organizational signals on text-processing strategies. *Journal of educational psychology*, 87(4), 537-544.
- Lorch Jr, R. F., & Lorch, E. P. (1996). Effects of organizational signals on free recall of expository text. *Journal of educational psychology*, 88(1), 38-48. DOI: 10.1037/0022-0663.88.1.38.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., & Inman, W. E. (1993). Effects of signaling topic structure on text recall. *Journal of Educational Psychology*, 85(2), 281-290. DOI: 10.1037/0022-0663.85.2.281.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., & Matthews, P. D. (1985). On-line processing of the topic structure of a text. *Journal of memory and language*, 24(3), 350-362.
- Lowe, R., & Boucheix, J.-M. (2011). Cueing complex animations: Does direction of attention foster learning processes? *Learning and Instruction*, 21(5), 650–663.

DOI: 10.1016/j.learninstruc.2011.02.002.

Luo, L. (2018). *Helping students SOAR to success on synthesis writing*. Dissertation. University of Nebraska-Lincoln.

Luo, L., Kiewra, K. A., Flanigan, A. E., & Peteranetz, M. S. (2018). Laptop versus longhand note taking: effects on lecture notes and achievement. *Instructional Science*, 1-25.

Luo, L., Kiewra, K. A., Peteranetz, M. S., & Flanigan, A. E. (2017). Using eye-tracking technology to understand how graphic organizers aid student learning. In *Eye-tracking technology applications in educational research* (pp. 220-238). IGI Global.

M

Mason, L., Lowe, R., & Tornatora, M. C. (2013). Self-generated drawings for supporting comprehension of a complex animation. *Contemporary Educational Psychology*, 38(3), 211–224. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2013.04.001.

Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of educational Psychology*, 93(2), 377-389.

Mayer, R. E. (1984). Aids to text comprehension. *Educational Psychologist*, 19(1), 30–42. DOI: 10.1080/00461528409529279.

Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of educational research*, 59(1), 43-64. DOI: 10.3102/00346543059001043.

- Mayer, R. E. (1992). Cognition and instruction: Their historic meeting within educational psychology. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 405-412. DOI: 10.1037/0022-0663.84.4.405.
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational psychology review*, 8(4), 357-371. DOI: 10.1007/BF01463939.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York, NY US: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014a). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2nd ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014b). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 171–173. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.04.003.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403-423. DOI: 10.1111/jcal.12197.
- Mayer, R. E., Dyck, J. L., & Cook, L. K. (1984). Techniques that help readers build mental models from scientific text: Definitions pretraining and signaling. *Journal of Educational Psychology*, 76(6), 1089-1105. DOI: 10.1037/0022-0663.76.6.1089.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726. DOI: 10.1037/0022-0663.82.4.715.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_6
- McCrudden, M. T., Schraw, G., & Lehman, S. (2009). The use of adjunct displays to facilitate comprehension of causal relationships in expository text. *Instructional Science*, 37(1), 65–86. DOI: 10.1007/s11251-007-9036-3.
- McCrudden, M. T., Schraw, G., Lehman, S., & Poliquin, A. (2007). The effect of causal diagrams on text learning. *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 367–388. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2005.11.002.
- McMillan, W. J. (2010). ‘Your thrust is to understand’—how academically successful students learn. *Teaching in Higher Education*, 15(1), 1-13. DOI: 10.1080/13562510903488105.
- Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test of the method-affects-learning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(3), 149-158. DOI: 10.1111/j.1365-2729.2006.00170.x.
- Moreno, R. (2009). Learning from animated classroom exemplars: the case for guiding student teachers’ observations with metacognitive prompts. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 487–501. DOI: 10.1080/13803610903444592.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of educational psychology*, 91(2), 358-368. DOI : 10.1037/0022-0663.91.2.358.
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments: Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. DOI:

10.1007/s10648-007-9047-2.

Moreno, R., Reislein, M., & Ozogul, G. (2010). Using Virtual Peers to Guide Visual Attention During Learning: A Test of the Persona Hypothesis. *Journal of Media Psychology*, 22(2), 52–60. DOI: 10.1027/1864-1105/a000008.

Moreno, R., & Valdez, A. (2005). Cognitive load and learning effects of having students organize pictures and words in multimedia environments: The role of student interactivity and feedback. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 35-45.

N

Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*, 76(3), 413-448. DOI: 10.3102/00346543076003413.

Newmann, F. M. (1992). *Student engagement and achievement in American secondary schools*. New York: Teachers College Press.

Novak, J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional science*, 19(1), 29-52.

Novak, J. D. (1995). Concept mapping to facilitate teaching and learning. *Prospects*, 25(1), 79-86.

O

O'donnell, A. M., Dansereau, D. F., & Hall, R. H. (2002). Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing. *Educational psychology review*, 14(1), 71-86.

- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science education*, 67(4), 489-508. DOI: 10.1002/sce.3730670406.
- Osborne, R., & Wittrock, M. (1985). The Generative Learning Model and its Implications for Science Education. *Studies in Science Education*, 12(1), 59–87. DOI: 10.1080/03057268508559923.
- Ozcelik, E., Arslan-Ari, I., & Cagiltay, K. (2010). Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements. *Computers in Human Behavior*, 26(1), 110–117. DOI: 10.1016/j.chb.2009.09.001.
- Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., & Cagiltay, K. (2009). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53(2), 445–453. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.03.002.

P

- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of educational psychology*, 84(4), 429-434.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1-4. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_1.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45(3), 255-287. DOI : 10.1037/h0084295.

- Peeverly, S. T., Vekaria, P. C., Reddington, L. A., Sumowski, J. F., Johnson, K. R., & Ramsay, C. M. (2013). The Relationship of Handwriting Speed, Working Memory, Language Comprehension and Outlines to Lecture Note-taking and Test-taking among College Students: Cognitive processes and note-taking. *Applied Cognitive Psychology, 27*(1), 115–126. DOI: 10.1002/acp.2881.
- Pilegard, C., & Fiorella, L. (2016). Helping students help themselves: Generative learning strategies improve middle school students' self-regulation in a cognitive tutor. *Computers in Human Behavior, 65*, 121–126. DOI: 10.1016/j.chb.2016.08.020.
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International journal of educational research, 31*(6), 459-470. DOI : 10.1016/S0883-0355(99)00015-4.
- Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology, 95*(4), 667–686. DOI: 10.1037/0022-0663.95.4.667.
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of educational psychology, 82*(1), 33-40.
- Ponce, H. R., & Mayer, R. E. (2014). Qualitatively different cognitive processing during online reading primed by different study activities. *Computers in Human Behavior, 30*, 121–130. DOI: 10.1016/j.chb.2013.07.054.
- Ponce, H. R., Mayer, R. E., Loyola, M. S., López, M. J., & Méndez, E. E. (2018). When two computer-supported learning strategies are better than one: An eye-tracking study. *Computers & Education, 125*, 376–388. DOI:

10.1016/j.compedu.2018.06.024.

Potelle, H., & Rouet, J.-F. (2003). Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(3), 327–345. DOI: 10.1016/S1071-5819(03)00016-8.

Pressley, M., Forrest-Pressley, D., Elliott-Faust, D. L., and Miller, G. E. (1985). Children's use of cognitive strategies, how to teach strategies, and what to do if they can't be taught. In Pressley, M., and Brainerd, C. J. (eds.), *Cognitive Learning and Memory in Children*, Springer-Verlag, New York, pp. 1-47.

Pressley, M., & Hilden, K. (2007). Cognitive strategies. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology*. Hoboken: Wiley.

R

Richter, J., Scheiter, K., & Eitel, A. (2016). Signaling text-picture relations in multimedia learning: A comprehensive meta-analysis. *Educational Research Review*, 17, 19–36. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.12.003.

Robinson, D. H., & Kiewra, K. A. (1995). Visual argument: Graphic organizers are superior to outlines in improving learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 455–467. DOI: 10.1037/0022-0663.87.3.455.

Robinson, D. H., & Schraw, G. (1994). Computational efficiency through visual argument: Do graphic organizers communicate relations in text too effectively?. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 399-415. DOI : 10.1006/ceps.1994.1029.

Rossi, J. P. (1990). The function of frame in the comprehension of scientific

text. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 727-732.

S

- Sanchez, R. P., Lorch, E. P., & Lorch, R. F. (2001). Effects of Headings on Text Processing Strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 418–428. DOI: 10.1006/ceps.2000.1056.
- Sandberg, J., & Barnard, Y. (1997). Deep learning is difficult. *Instructional Science*, 25(1), 15-36.
- Scheiter, K. (2014). The learner control principle in multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 487-512). New York, NY: Cambridge University Press.
- Schmidgall, S., Eitel, A., & Scheiter, K. (2016, July). How much help do you need? Investigating the role of support for learner-generated drawing. Meeting of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI). Special Interest Group (SIG) 2. Geneva, Switzerland.
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2017). Studying and Constructing Concept Maps: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 49, 1-25. DOI: 10.1007/s10648-017-9403-9.
- Schwaborn, A., Thillmann, H., Opfermann, M., & Leutner, D. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 89-93. DOI : 10.1016/j.chb.2010.05.028.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and instruction*, 13(2), 227-237. DOI: 10.1016/S0959-4752(02)00022-1.

- Simsek, A., & Balaban, J. (2010). Learning Strategies of Successful and Unsuccessful University Students. *Online Submission*, 1(1), 36-45.
- Skinner, E. A., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 571–581. DOI: 10.1037/0022-0663.85.4.571.
- Slamecka, N. J., & Graf, P. (1978). The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of experimental Psychology: Human learning and Memory*, 4(6), 592-604. DOI: 10.1037/0278-7393.4.6.592.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171–177. DOI: 10.1016/j.nlm.2004.06.005.
- Stacy, E. M., & Cain, J. (2015). Note-taking and handouts in the digital age. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 79(7), 107, 1-6.
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808–820. DOI: 10.1037/0022-0663.99.4.808.
- Surber, J. R., & Schroeder, M. (2007). Effect of prior domain knowledge and headings on processing of informative text. *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 485–498. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2006.08.002.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295-312. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90003-5.
- Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In J. L.

Plass, R. Moreno, & R. Brunken (Eds.), *Cognitive Load Theory* (pp. 29–47).
Cambridge: Cambridge University Press.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Measuring cognitive load. In *Cognitive load theory* (pp. 71-85). Springer, New York, NY.

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn? *Cognition and Instruction*, 12, 185-233.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251-296.

T

Tabbers, H. K., Martens, R. L., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology*, 74(1), 71–81.

Tarricone, P. (2011). *The taxonomy of metacognition*. Psychology Press.

Titworth, B. S. (2004). Students' note taking: The effects of teacher immediacy and clarity. *Communication Education*, 53, 305-320. DOI: 10.1080/0363452032000305922.

V

Vekiri, I. (2002). What is the value of graphical displays in learning?. *Educational psychology review*, 14(3), 261-312.

van de Pol, J., Volman, M., Oort, F., & Beishuizen, J. (2015). The effects of scaffolding in the classroom: support contingency and student independent

working time in relation to student achievement, task effort and appreciation of support. *Instructional Science*, 43(5), 615–641. DOI: 10.1007/s11251-015-9351-z.

Van Dijk, T. A. (1980). *Macrostructures*. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.

Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). Strategies of discourse comprehension (pp. 11-12). New York: Academic Press.

Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129–140. DOI: 10.1037//0022-0663.93.1.129.

Van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A., & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2), 142–166. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2005.04.001.

W

Weidenmann, B., Paechter, M., & Hartmannsgruber, K. (1999). Structuring and sequencing of complex text-picture combinations. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 185-202. DOI: 10.1007/BF03172965.

Weinstein, C. E., Acee, T. W., & Jung, J. (2011). Self-regulation and learning strategies. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(126), 45–53. DOI: 10.1002/tl.443.

Weinstein, C. E., Acee, T. W., Jung, J., Krause, J. M., Dacy, B. S., & Leach, J. K. (2012). Strategic learning: Helping students become more active participants in their learning. In K. Agee & R. Hodges (Eds.), *Handbook for training peer*

- tutors and mentors (pp. 30-34). Mason, OH: Cengage Learning.
- Weinstein, C. E., Krause, J. M., Stano, N., Acee, T. W., Jaimie, M. K., & Nancy Stano. (2015). Learning to Learn. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 712–719). Elsevier.
- Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 315–327). New York: Macmillan.
- Wijnia, L., Loyens, S. M. M., van Gog, T., Deros, E., & Schmidt, H. G. (2014). Is there a role for direct instruction in problem-based learning? Comparing student-constructed versus integrated model answers. *Learning and Instruction, 34*, 22–31. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2014.07.006.
- Williams, J. P., Hall, K. M., Lauer, K. D., Stafford, K. B., DeSisto, L. A., & deCani, J. S. (2005). Expository Text Comprehension in the Primary Grade Classroom. *Journal of Educational Psychology, 97*(4), 538–550. DOI: 10.1037/0022-0663.97.4.538.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist, 11*(2), 87–95. DOI: 10.1080/00461527409529129.
- Wittrock, M. C. (1979). The cognitive movement in instruction. *Educational researcher, 8*(2), 5-11. DOI: 10.3102/0013189X008002005.
- Wittrock, M. C. (1985). Teaching learners generative strategies for enhancing reading comprehension. *Theory Into Practice, 24*(2), 123–126. DOI: 10.1080/00405848509543158.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative Processes of Comprehension. *Educational Psychologist, 24*(4), 345–376. DOI: 10.1207/s15326985ep2404_2.
- Wittrock, M. C. (1991). Generative teaching of comprehension. *The Elementary*

School Journal, 92(2), 169-184. DOI: 10.1086/461686.

Wittrock, M. C. (1992). Generative learning processes of the brain. *Educational Psychologist*, 27(4), 531-541. DOI: 10.1207/s15326985ep2704_8.

Wittrock, M. C. (2010). Learning as a Generative Process. *Educational Psychologist*, 45(1), 40–45. DOI: 10.1080/00461520903433554.

Wittrock, M. C., & Alesandrini, K. (1990). Generation of summaries and analogies and analytic and holistic abilities. *American Educational Research Journal*, 27(3), 489-502. DOI: 10.3102/00028312027003489.

Wittrock, M. C., & Carter, J. F. (1975). Generative Processing of Hierarchically Organized Words. *The American Journal of Psychology*, 88(3), 489. DOI: 10.2307/1421780.

Wittrock, M. C., & Kelly, R. (1984). Teaching reading comprehension to adults in basic skills courses. In *annual meetings of the American Educational Research Association, New Orleans*.

Z

Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82–91. DOI: 10.1006/ceps.1999.1016.

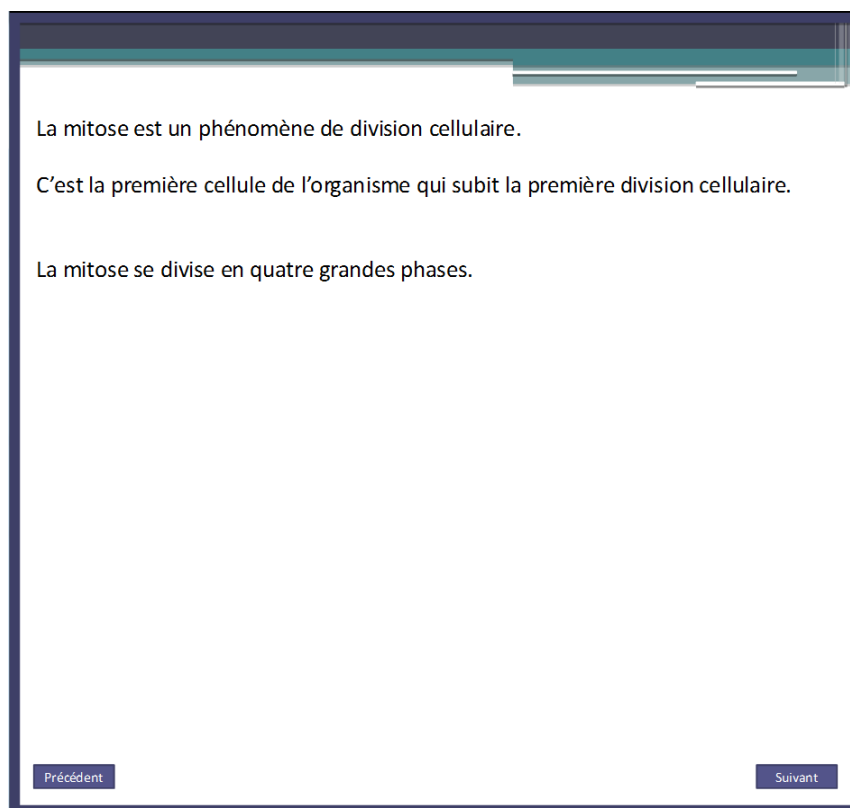
Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41(2), 64-70. DOI: 10.1207/s15430421tip4102_2.

Annexes

Table des Annexes

Annexe 1. Document multimédia de la mitose utilisé pour les tutoriels vidéos.	245
Annexe 2. Graphique organisateur utilisé pour les tutoriels vidéos.	248
Annexe 3. Environnement multimédia interactif d'apprentissage utilisé dans toutes les études.....	249
Annexe 4. Pré-questionnaire de connaissances préalables corrigées utilisé dans toutes les études.	255
Annexe 5. Formulaire de consentement.	256
Annexe 6. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « graphique auto-généré total » dans l'étude 1 et 3.....	258
Annexe 7. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « plan auto-généré » dans l'étude 2.....	259
Annexe 8. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « graphique auto-généré partiel » dans l'étude 3, 4 et 5.....	260
Annexe 9. Questionnaire d'évaluation subjective de la difficulté perçue du document d'apprentissage (études 1, 2 et 3).....	261
Annexe 10. Questionnaire d'évaluation subjective des efforts perçus investis dans la tâche (études 4 et 5).	262
Annexe 11. Questionnaire d'apprentissage (45 questions).	263
Annexe 12. Questionnaire d'apprentissage corrigé par catégories de questions. .	271

Annexe 1. Document multimédia de la mitose utilisé pour les tutoriels vidéos.

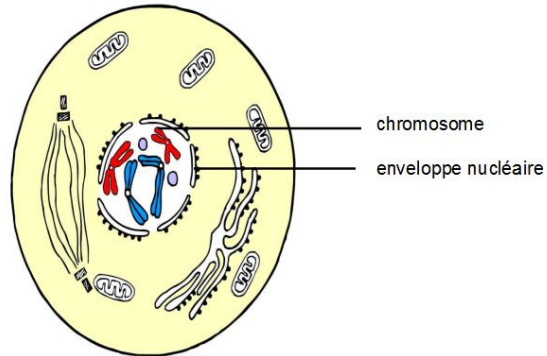


La première grande phase de la mitose est la prophase.

La prophase correspond à la création de deux pôles au sein de la cellule.

La prophase est caractérisée par deux éléments :

- La condensation des chromosomes.
- La disparition de l'enveloppe nucléaire.



Précédent

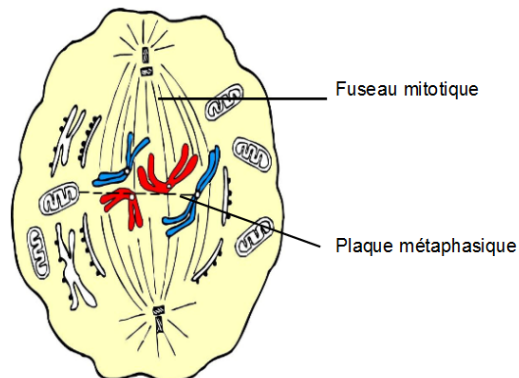
Suivant

La deuxième grande phase de la mitose est la métaphase.

La métaphase correspond à l'alignement des chromosomes au centre de la cellule.

La métaphase se compose de deux éléments :

- Le fuseau mitotique : celui-ci relie les extrémités de la cellule.
- La plaque métaphasique : c'est l'endroit au centre de la cellule où les chromosomes vont s'aligner.



Précédent

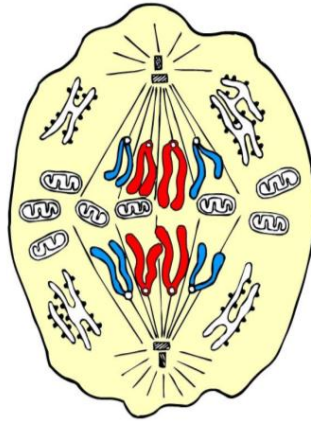
Suivant

La troisième grande phase de la mitose est l'anaphase.

L'anaphase est la phase la plus rapide de la mitose.

Elle se divise en deux phénomènes :

- La séparation des chromatides
- La migration des chromatides vers les pôles opposés de la cellule



Précédent

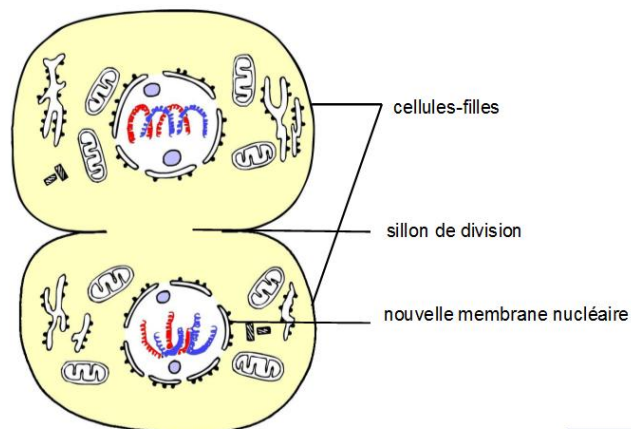
Suivant

La quatrième grande phase de la mitose est la télophase.

La télophase correspond à la division d'une cellule-mère en deux cellules-filles.

Elle se divise en deux phénomènes :

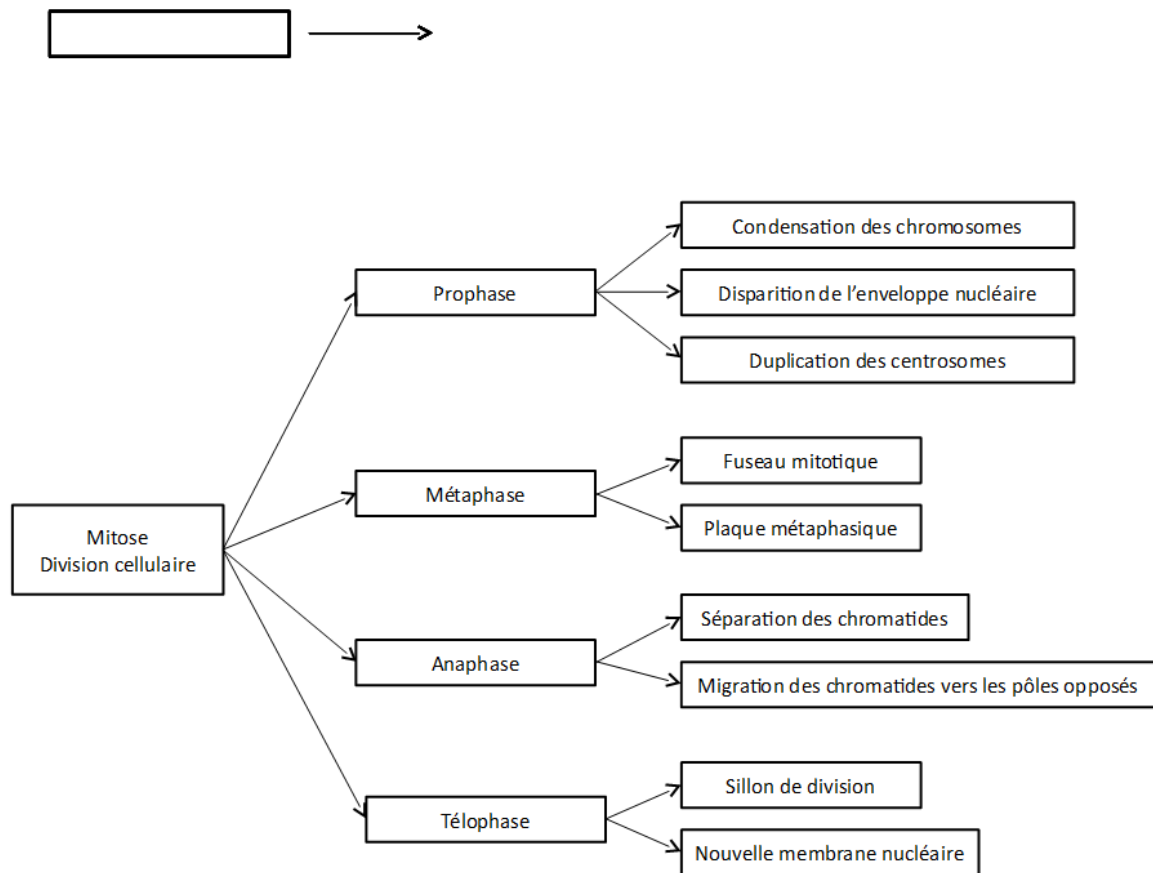
- L'apparition d'un sillon de division au fur et à mesure de la division de la cellule.
- La création d'une nouvelle membrane nucléaire pour chaque cellule.



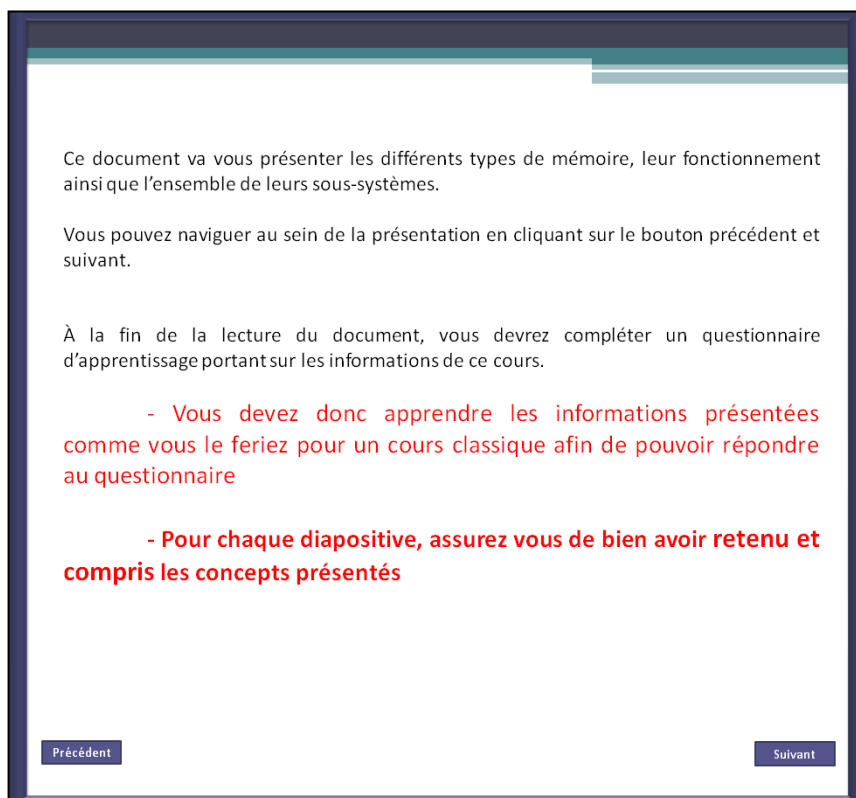
Précédent

Suivant

Annexe 2. Graphique organisateur utilisé pour les tutoriels vidéos.



Annexe 3. Environnement multimédia interactif d'apprentissage utilisé dans toutes les études.



La mémoire se décompose en plusieurs systèmes et sous-systèmes localisés à différents endroits de notre cerveau.

La mémoire correspond à l'activité permettant d'encoder, de conserver et de restituer des informations de nature diverse (connaissance, savoir-faire, etc.). Elle nous permet de nous souvenir des choses qui nous entourent et d'acquérir de nouvelles connaissances.

Lorsqu'une information est traitée celle-ci est enregistrée en mémoire. La trace en mémoire créée dans le cerveau se nomme l'engramme.

La mémoire se divise en 3 grands types de mémoires.

Précédent

Page 1 sur 10

Suivant

Mémoire sensorielle

Le premier grand type de mémoire correspond à la mémoire sensorielle.

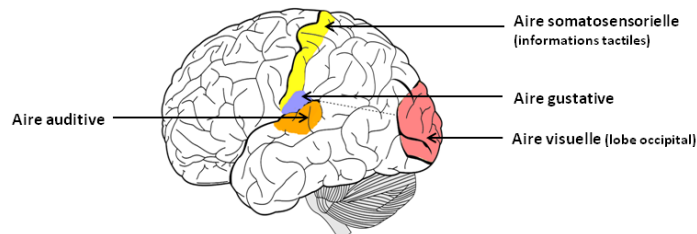
Celle-ci permet de traiter et de maintenir une information extérieure perçue par un ou plusieurs de nos cinq sens pendant une durée très limitée (quelques millisecondes). Les informations perçues (sons, images, odeurs...) sont traitées de manière automatique.

La mémoire sensorielle se divise en 5 sous-mémoires. Les deux plus connues sont celles qui sont le plus utilisées puisqu'elles reçoivent la majorité des informations, il s'agit de :

- la mémoire iconique pour l'information visuelle (images, visages, etc.). Environ 80% des informations transmises à notre cerveau sont des informations visuelles.
- la mémoire échoïque pour l'information auditive.

Les trois autres mémoires sensorielles sont :

- la mémoire olfactive pour les odeurs. Cette mémoire serait la mémoire la plus performante. En effet, des études ont constaté qu'une odeur pouvait être enregistrée en mémoire pendant toute une vie
- la mémoire gustative pour le goût
- la mémoire tactile qui collecte toutes les sensations provenant du corps : toucher, sensations thermiques et sensations douloureuses.



L'aire olfactive n'est pas représentée ici car elle se situe à l'intérieur du lobe temporal

Précédent

Page 2 sur 10

Suivant

Mémoire immédiate

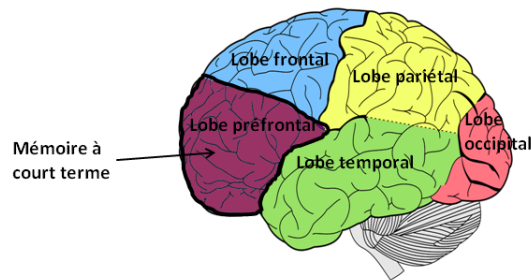
Le deuxième grand type de mémoire correspond à la mémoire immédiate.
La mémoire immédiate se divise en deux sous-mémoires.

1) La première mémoire immédiate est la mémoire à court terme (MCT).

Celle-ci permet de maintenir un nombre limité d'information pendant une durée limitée, en moyenne de 20 secondes. Cette mémoire permet de redonner immédiatement une information qui vient d'être perçue de manière explicite et littérale (mot pour mot).

La mémoire à court terme est caractérisée par deux éléments capacitaires :

- Le chunk : celui-ci correspond au regroupement d'informations distinctes en une seule unité d'information (par exemple, au lieu de retenir trois lettres : le f, le b et le i, la personne va condenser l'information en une seule unité ce qui donnera le FBI).
- L'empan mnésique : il désigne la quantité d'information pouvant être stockée à court terme simultanément par l'individu. L'empan mnésique est d'environ 7 éléments. 7 correspond au nombre magique découvert par Miller en 1956.



Précédent

Suivant

Page 3 sur 10

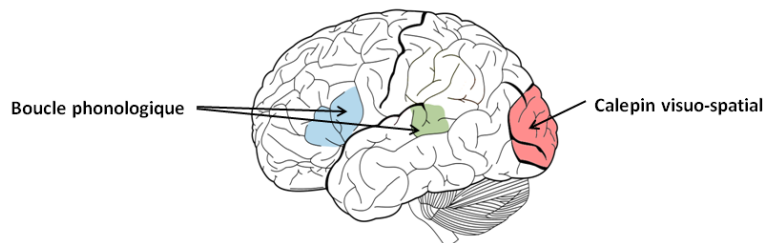
Mémoire immédiate

2) La deuxième mémoire immédiate est la mémoire de travail (MdT).

Cette mémoire est identique à la mémoire à court terme (mêmes éléments capacitaires) sauf qu'elle réalise un traitement de l'information. Elle correspond donc à la capacité limitée (en nombre et en durée) à stocker de l'information pendant la réalisation d'une activité cognitive.

La mémoire de travail se compose de trois modules :

- La boucle phonologique : spécialisée dans le maintien à court terme d'informations verbales (sons, mots, etc.). Les informations sont maintenues activement en mémoire par l'autorépétition. Cette répétition mentale de l'information se nomme la subvocalisation, elle apparaît vers l'âge de 6-7 ans. La boucle phonologique renvoie à deux aires cérébrales liées au langage.
- Le calepin visuo-spatial : spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales.
- L'administrateur central : il gère, contrôle et organise les ressources attentionnelles à allouer à l'information, c'est-à-dire aux activités cognitives réalisées dans la tâche.



Précédent

Suivant

Page 4 sur 10

Mémoire à long terme

Le troisième grand type de mémoire correspond à la mémoire à long terme (MLT).

Cette mémoire permet de stocker une quantité d'information a priori illimitée sur une très longue période (de quelques mois à plusieurs années).

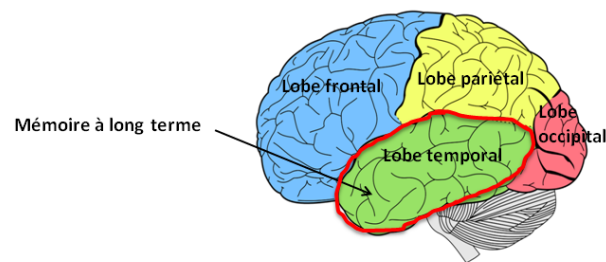
La mémoire à long terme regroupe l'ensemble de nos souvenirs, de nos apprentissages et de notre histoire.

La mémoire à long terme se divise en deux sous-mémoires.

Ces deux sous-mémoires se distinguent en fonction de l'intervention de la conscience lors de la récupération des souvenirs et de la capacité à verbaliser le souvenir qui est stocké.

1) Tout d'abord, le premier type de mémoire à long terme est la mémoire déclarative (dite explicite, consciente)

La mémoire déclarative est la mémoire qui se développe le plus entre 3 et 20 ans. Cette mémoire est dite explicite dans la mesure où les contenus qui y sont stockés sont verbalisables (nous pouvons nommer et décrire les souvenirs). De plus, nous avons conscience de ce qu'elle contient. Le sujet peut donc récupérer consciemment et rappeler verbalement les informations stockées dans cette mémoire (par exemple : le sujet est capable de définir un mot, de décrire un événement, etc.).



Précédent

Page 5 sur 10

Suivant

Mémoire à long terme

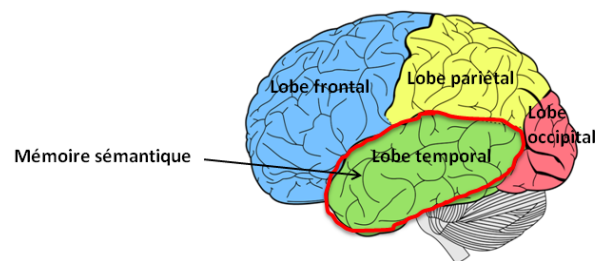
La mémoire déclarative se divise en deux sous-mémoires :

➤ La première sous-mémoire de la mémoire déclarative est la mémoire sémantique.

La mémoire sémantique correspond aux connaissances générales qu'une personne a accumulées au cours de sa vie sur le monde qui l'entoure. Il s'agit de la mémoire des mots, des concepts, de la culture générale (langage, sens des mots, faits historiques, connaissances géographiques, etc.).

La mémoire sémantique est indépendante du contexte d'acquisition de l'information. En effet, la particularité des connaissances qu'elle contient est que celles-ci sont décontextualisées, c'est-à-dire qu'elles ne sont ni associées à un moment ni à un endroit précis. Par exemple : on sait que Paris est la capitale de la France mais on ne se souvient pas de l'endroit et du moment où l'on a appris cette information, on ne se souvient donc plus du contexte d'acquisition.

La mémoire sémantique est composée de l'ensemble de nos connaissances sur le monde. Elle nous permet de donner une signification aux choses et nous aide à communiquer, réfléchir et agir sur notre environnement.



Précédent

Page 6 sur 10

Suivant

Mémoire à long terme

➤ La deuxième sous-mémoire de la mémoire déclarative est la mémoire épisodique, située dans l'hippocampe.

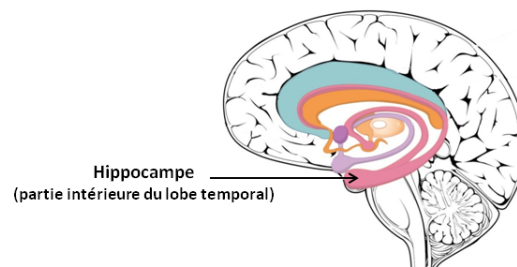
La mémoire épisodique correspond aux souvenirs d'un individu : faits autobiographiques, événements personnellement vécus, expériences personnelles.

Contrairement à la mémoire sémantique, ici les connaissances stockées ne sont pas générales mais spécifiques et sont contextualisées, c'est-à-dire que les connaissances stockées sont situées dans leur contexte temporel (moment : date, horaire) et spatial (lieu) d'acquisition. La personne se rappelle donc du contexte d'apprentissage.

Cette mémoire est également caractérisée par le sentiment de reviviscence du souvenir. Le sentiment de reviviscence correspond à l'impression de pouvoir revivre le souvenir lorsqu'on se le rappelle (pensées du moment, sensations, émotions, etc.).

Au sein de cette mémoire on observe que les personnes de plus de 40 ans se souviennent davantage des souvenirs vécus à la période adolescence-jeune adulte (entre 10 et 30 ans) puisque ceux-ci sont des événements riches de première fois.

On constate chez tous les individus une quasi absence de souvenir avant l'âge de 3 ans.



Précédent

Suivant

Page 7 sur 10

Mémoire à long terme

2) Le deuxième type de mémoire à long terme est la mémoire non déclarative (implicite, inconsciente)

La mémoire non déclarative renvoie aux automatismes et aux procédures (actions) que connaît une personne.

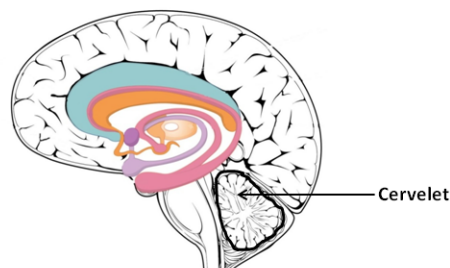
Elle est dite implicite puisque les informations qu'elle contient ne sont pas verbalisables et inconsciente puisque l'acquisition et le rappel de ses informations se fait de manière involontaire.

La mémoire non déclarative se divise en deux sous-mémoires :

- La première sous-mémoire non déclarative est la mémoire procédurale, aussi appelée mémoire des gestes.

La mémoire des gestes (procédurale) correspond à l'ensemble de nos savoir-faire et compétences motrices. Elle correspond à des compétences telles que : savoir pédaler sur un vélo, taper sur un clavier d'ordinateur, etc. L'apprentissage des gestes est progressif et améliore au fil du temps les performances de l'individu. Ceux-ci sont ensuite réalisés de façon automatique, sans avoir besoin de réfléchir.

La mémoire des gestes (procédurale) est très fiable. Il s'agit de la mémoire la moins touchée par le vieillissement. En effet, si une action apprise n'est pas réalisée pendant plusieurs années, le souvenir sera quand même conservé et rapidement récupéré. Cette mémoire fait intervenir le cervelet.



Précédent

Suivant

Page 8 sur 10

Mémoire à long terme

- La deuxième sous-mémoire non déclarative est la mémoire émotionnelle.

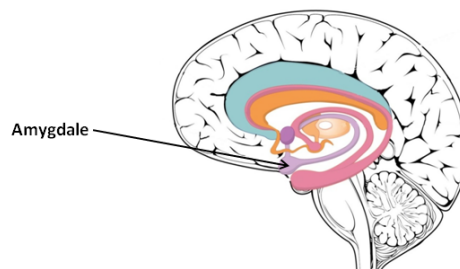
Cette mémoire enregistre les émotions liées à des expériences personnellement vécues. La mémoire émotionnelle est inconsciente et conditionne notre comportement et nos pensées.

Un exemple très connu de cette mémoire est le cas rapporté par le docteur Claparède en 1911.

Claparède est médecin. Il vient régulièrement dire bonjour à une patiente amnésique qui, à chaque fois, ne se rappelle jamais l'avoir rencontré (même au sein d'une même journée). Cette patiente n'est plus capable d'acquiescer de nouveaux souvenirs et oublie tous les souvenirs récents. Un jour, le docteur met une aiguille dans sa main puis serre la main de la patiente qui ressent alors une douleur. Cependant, cette douleur ainsi que le passage du médecin sera vite oublié par la patiente. Lorsque le docteur revient pour la saluer, la patiente ne se souvient pas de lui mais ne veut pas lui serrer la main, et ce, sans savoir pour quelle raison.

Il s'agit de la conséquence du souvenir implicite lié au contact douloureux via le conditionnement émotionnel.

La mémoire émotionnelle est sous-tendue par l'amygdale qui associe le souvenir à l'émotion qui a été ressentie.



Précédent

Suivant

Page 9 sur 10

Le document est désormais terminé

Assurez-vous d'avoir bien retenus et compris les différentes informations présentées dans ce document avant de cliquer sur le bouton « *je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* ».

Vous pouvez revoir les informations présentées en cliquant sur le bouton « *accéder à la page précédente* » ainsi que sur le bouton « *précédent* » des autres diapositives.

Dès que vous aurez cliqué sur le bouton « *je suis prêt pour répondre au questionnaire d'apprentissage* », vous ne pourrez plus revenir sur ce diaporama.

Accéder à la page
précédente

Je suis prêt pour répondre au
questionnaire d'apprentissage

Page 10 sur 10

Annexe 4. Pré-questionnaire de connaissances préalables corrigées utilisé dans toutes les études.

Pré-questionnaire :

Sexe : Homme Femme

Date de naissance :/...../.....

Niveau d'études : Licence 1 Licence 2

- Citez des modules de la mémoire de travail (maximum : 3 réponses) : /3

Boucle phonologique (articulatoire)

Calepin visuo-spatial

Administrateur central (système central exécutif)

Buffer épisodique

- Citez les grands types de mémoire à long terme déclarative : /2

Mémoire sémantique

Mémoire épisodique (prospective, rétrospective)

- Quelle est la structure cérébrale la plus importante pour la mémoire ? /1

L'hippocampe/ le lobe temporal

- Quelle est la valeur de l'empan mnésique de la mémoire à court terme ? /1

Environ 7 éléments + ou - 2

- Quel auteur est à l'origine de l'empan mnésique ? /1

Miller en 1956

Annexe 5. Formulaire de consentement.

	Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication
	Campus Villejean – Bâtiment S
	Place du Recteur Henri Le Moal
	Université Rennes 2
	CS 24307 – 35043 Rennes CEDEX – France
	http://www.sites.univ-rennes2.fr/crpcc/

Fiche d'information CRPCC 2016

Vous êtes invité(e) à participer à un projet de recherche organisé par le *Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication* (CRPCC – EA 1285, Université Rennes 2). Le présent document vous renseigne sur les modalités de ce projet de recherche. Si vous souhaitez plus d'informations, n'hésitez pas à poser vos questions à la personne responsable du projet.

Si vous choisissez de participer à ce projet de recherche, vous devrez donner votre accord en signant le formulaire de consentement qui vous sera présenté par l'investigateur.

Titre 1 : Nature de l'engagement

1. Engagement du participant : Vous acceptez de participer à une expérience de psychologie, et vous acceptez l'utilisation des données recueillies au cours de cette expérience par le *Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication* (CRPCC).

2. Liberté du participant : Vous êtes libre d'accepter ou de refuser la participation à l'étude. Vous pouvez retirer votre consentement pour poursuivre l'expérience à tout moment, de même que votre consentement pour l'utilisation des données recueillies. Vous pouvez retirer votre consentement sans donner de raison, et sans encourir aucune responsabilité ni conséquence négative.

3. Information du participant : Vous avez la possibilité d'obtenir des informations supplémentaires concernant cette étude ou ses résultats auprès de l'investigateur, et ce dans la limite des contraintes du plan de recherche. Un résumé complet des hypothèses et des résultats généraux de l'expérience pourra vous être adressé au terme de l'étude si vous en faites la demande à l'investigateur. Toutefois, l'investigateur n'est pas tenu de vous communiquer vos propres résultats sur les tâches expérimentales qui vous seront proposées.

Titre 2 : Utilisation des données

4. Recueil des données : Les données sont recueillies à l'aide d'outils de passation expérimentale informatisés. Ces outils ont pour but la collecte de vos réponses à divers types de stimuli, par exemple des images présentées à l'écran. Ces données sont relevées de façon strictement anonyme ; aucune information nominative n'est recueillie.

5. Traitement des données : Les données seront exploitées uniquement à des fins de traitement statistique, sans aucune mention d'informations personnelles vous concernant. Les résultats de tous les participants à l'étude seront traités de façon simultanée. Les données recueillies seront analysées à des fins de recherche, pour répondre aux objectifs scientifiques de l'étude. Elles pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de présentations et de discussions scientifiques.



6. Garantie de confidentialité des informations : Le promoteur et l'investigateur principal s'engageant à préserver absolument la confidentialité et le secret professionnel pour toutes les informations collectées dans le cadre de l'étude, qu'elles soient ou non en rapport avec l'objectif de la recherche (Titre I, articles 7, 8, 19, 21, 26 et Titre III, articles 44 et 50 du *Code de Déontologie des Psychologues* – France, 2012). Toutes les données vous concernant seront conservées de façon anonyme. La transmission de ces données à des tiers, par exemple pour l'expertise ou la publication scientifique, sera elle aussi anonyme. Le traitement informatique ne permettra pas votre identification ultérieure ; de ce fait, il n'entre pas dans le cadre de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 dite « Loi informatique et libertés » : les droit d'accès et de rectification ne sont pas recevables.

Titre 3 : Risques et bénéfices, cadre éthique

7. Bénéfices de l'étude pour le participant : Cette étude est faite sans aucun bénéfice direct pour vous. Elle ne vous donne droit à aucune compensation ou rémunération. Toutefois, votre participation contribuera à l'avancement des connaissances scientifiques dans le domaine de la psychologie.

8. Risques de l'étude pour le participant : L'étude ne présente aucun risque particulier, et n'entraînera aucune conséquence négative prévisible, d'un point de vue médical aussi bien que psychologique.

9. Déontologie et éthique : La présente étude est réalisée en pleine conformité avec le *Code de Déontologie des Psychologues* (France, 2012). Cette recherche n'ayant qu'un caractère psychologique, elle n'entre pas dans le cadre de la loi n° 2004-806 du 9 août 2004 concernant la protection des personnes dans la recherche biomédicale : l'accord d'un *Comité de Protection des Personnes* (CPP) n'est pas requis.

Cette étude est rendue possible par votre participation. C'est pourquoi nous tenons à vous remercier pour le temps et l'attention que vous acceptez de nous consacrer.

Nom de l'étude :

Investigateur :

Participant n°

L'investigateur m'a communiqué les conditions de l'étude, sous la forme de la fiche d'informations CRPCC 2016. J'accepte librement de participer à cette étude et de laisser le Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication (CRPCC) utiliser les données recueillies, dans les conditions qui m'ont été précisées. Je peux retirer mon consentement à tout moment.

Fait à Rennes, le

Signatures :

Le participant

L'investigateur

Annexe 6. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « graphique auto-généré total » dans l'étude 1 et 3.

The image shows a screenshot of a presentation software interface, likely Microsoft PowerPoint, displaying a slide about mitosis. The slide is divided into two main sections. The top section contains a hierarchical diagram of the mitosis process, and the bottom section contains a list of instructions for an interactive task.

Diagram of Mitosis:

```
graph TD; Mitose[Mitose] --> Prophase[Prophase]; Mitose --> Metaphase[Metaphase]; Mitose --> Anaphase[Anaphase]; Mitose --> Telophase[Telophase]; Prophase --> Condensation[Condensation des chromosomes]; Prophase --> Disparition[Disparition de l'enveloppe nucléaire]; Metaphase --> Fuseau[Fuseau mitotique]; Metaphase --> Plaque[Plaque métaphasique]; Anaphase --> Separation[Separation des chromatides]; Anaphase --> Migration[Migration des chromatides vers les poles opposes]; Telophase --> Apparition[Apparition d'un sillon de division]; Telophase --> Creation[Creation d'une nouvelle membrane nucleaire];
```

Instructions for the Interactive Task:

- Maintenir la souris pour **faire glisser** le cadre / la flèche jusqu'à l'endroit souhaité
- Pour **pouvoir écrire** dans un cadre, il faut que celui-ci soit sélectionné (contours actifs)
- **Reliez la flèche au milieu des deux extrémités des cadres** (à droite et à gauche), lorsque la flèche est bien reliée le rond à son extrémité devient rouge

Annexe 7. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « plan auto-généré » dans l'étude 2.

Application - LibreOffice Impress

Échier Édition Affichage Insertion Format Outils Diaporama Feuille Aide

Normal Plan Notes Prospectus Trousse de diapositives

La mitose :

1. La prophase
 - 1.1. La condensation des chromosomes
 - 1.2. La disparition de l'enveloppe nucléaire
2. La métaphase
 - 2.1. Le fuseau mitotique
 - 2.2. La plaque métaphasique
3. L'anaphase
 - 3.1. La séparation des chromatides
 - 3.2. La migration des chromatides vers les pôles opposés
4. La télophase
 - 4.1. L'apparition d'un sillon de division
 - 4.2. La création d'une nouvelle membrane nucléaire

Application - Microsoft PowerPoint

Accueil Insertion Création Animations Diaporama Révision Affichage Développeur

La mitose :

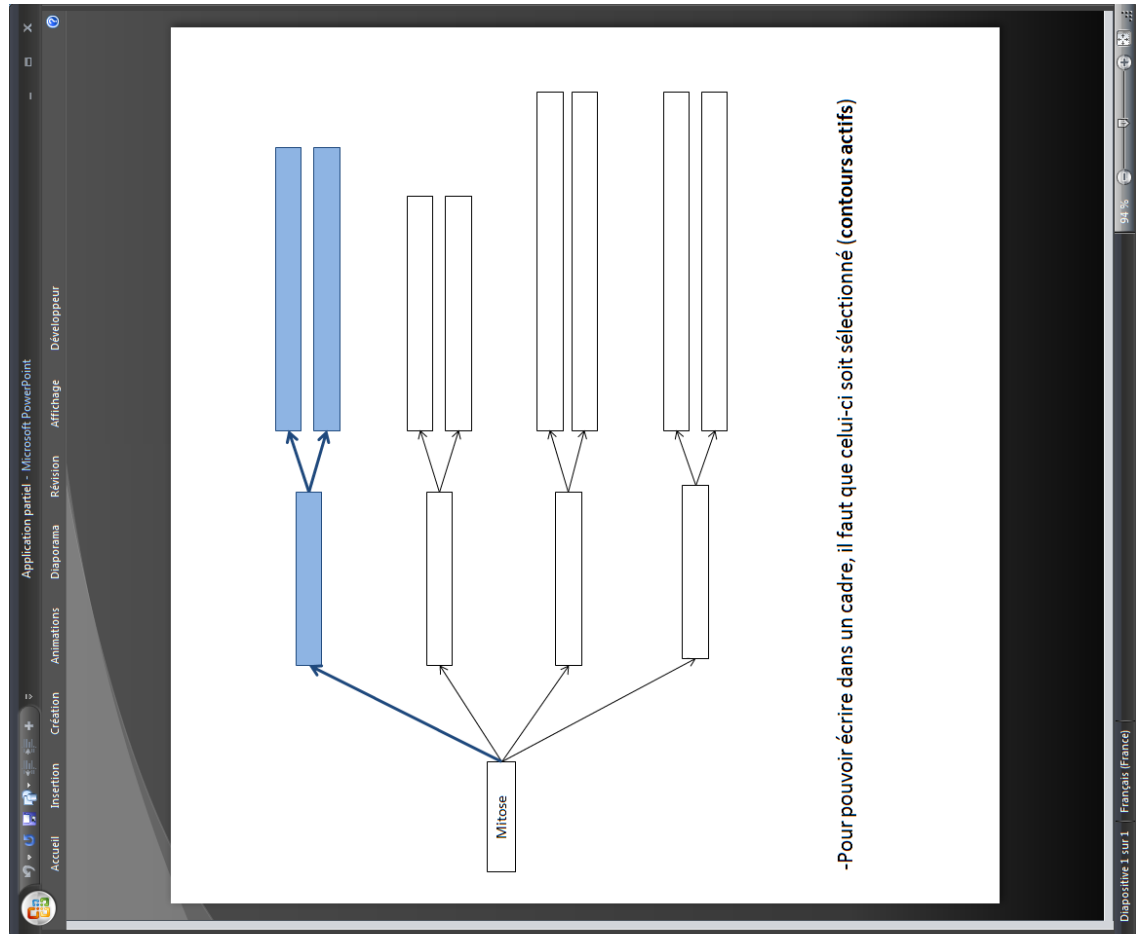
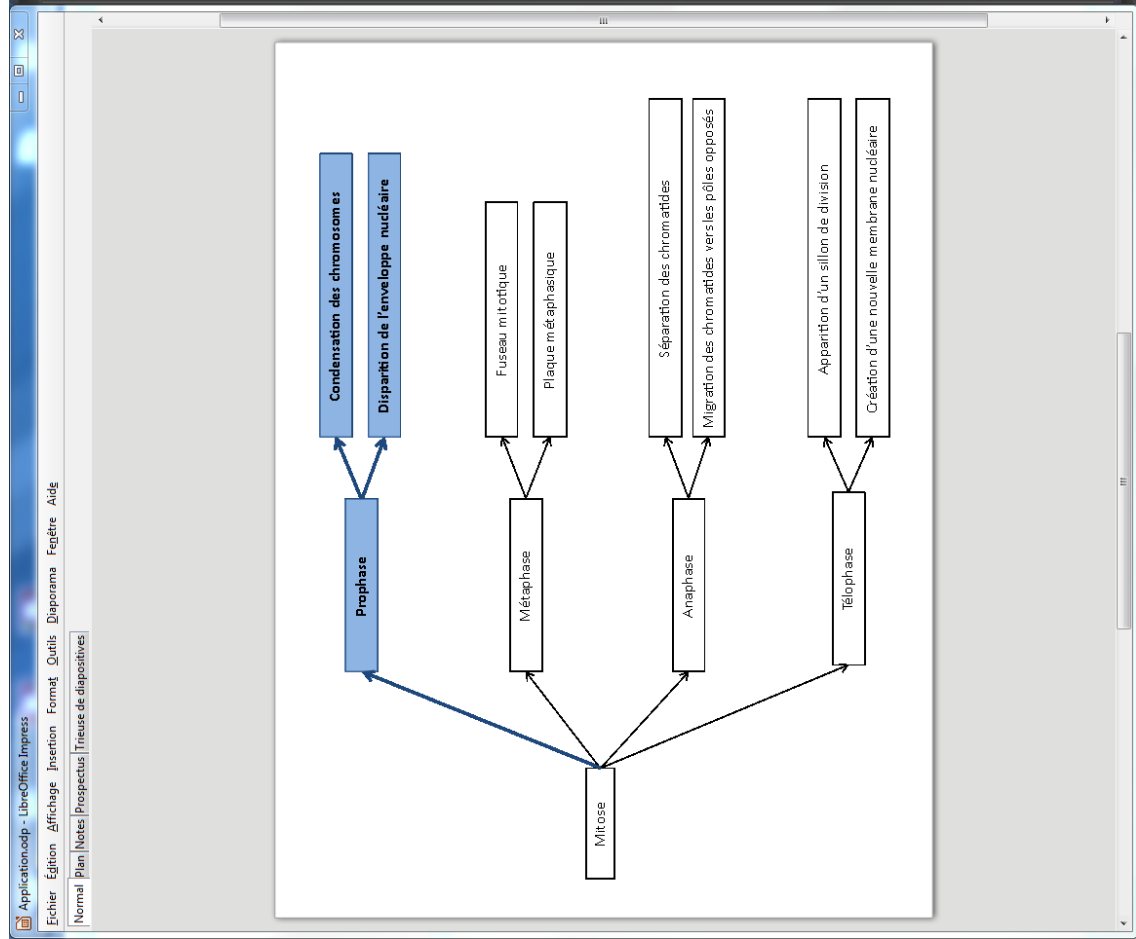
- 1.

- Pour déplacer le texte d'un niveau sur la droite appuyer sur la touche **tabulation**

- Pour déplacer le texte d'un niveau sur la gauche appuyer sur la touche **effacer**

Diapositive 1 sur 1 | Français (France) 94%

Annexe 8. Tâche de recopie avec l'outil d'édition utilisé en condition « graphique auto-généré partiel » dans l'étude 3, 4 et 5.



Annexe 9. Questionnaire d'évaluation subjective de la difficulté perçue du document d'apprentissage (études 1, 2 et 3).

Répondez le plus spontanément possible à chacune des questions présentées ci-dessous. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, c'est votre avis qui nous intéresse.

Cochez la réponse correspondant le mieux à votre degré d'accord avec les affirmations suivantes :

Apprendre avec ce document était difficile.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

Il était difficile d'apprendre avec ce document.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

J'ai trouvé qu'apprendre avec ce document était dur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

Annexe 10. Questionnaire d'évaluation subjective des efforts perçus investis dans la tâche (études 4 et 5).

Répondez le plus spontanément possible à chacune des questions présentées ci-dessous. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, c'est votre avis qui nous intéresse.

Cochez la réponse correspondant le mieux à votre degré d'accord avec les affirmations suivantes :

Apprendre avec ce document m'a demandé beaucoup d'efforts.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

J'ai dû investir des efforts importants pour apprendre avec ce document.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

Apprendre avec ce document nécessitait peu d'efforts.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pas du tout d'accord	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tout à fait d'accord

Annexe 11. Questionnaire d'apprentissage (45 questions).

Page 1 du questionnaire

Essayer de répondre au maximum de questions, si vous ne connaissez pas la réponse à une question, répondez « je ne sais pas » ou « nsp »

Lorsqu'une information est traitée, les caractéristiques de l'évènement sont enregistrées en mémoire. Comment se nomme la trace en mémoire créée dans le cerveau ?

.....

Quel est le nom de la mémoire sensorielle la plus utilisée ?

.....

Quel est le pourcentage (environ) d'informations visuelles transmises à notre cerveau ?

.....

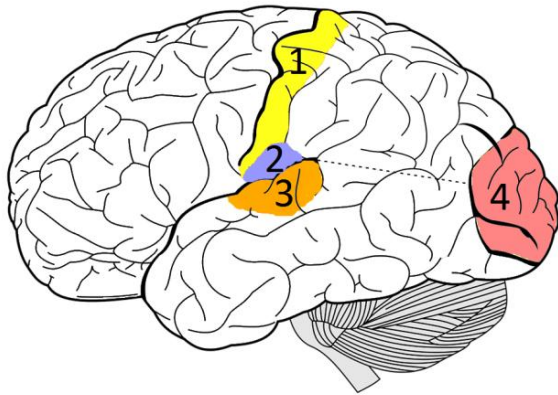
Quelle serait a priori la mémoire sensorielle la plus performante ?

.....

Quelle est la mémoire sensorielle qui reçoit les sensations thermiques ?

.....

Les aires sensorielles



Quel numéro correspond à l'aire sensorielle visuelle ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Quel numéro correspond à l'aire somatosensorielle ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Combien y a-t-il de mémoires immédiates ?

.....

Page 3 du questionnaire

Quelle est la durée moyenne de maintien d'une information en mémoire à court terme ?

.....

Quel terme désigne le fait de condenser des informations initialement distinctes (exemple : lettre f, b et i) en une seule unité d'information (exemple : FBI) ?

.....

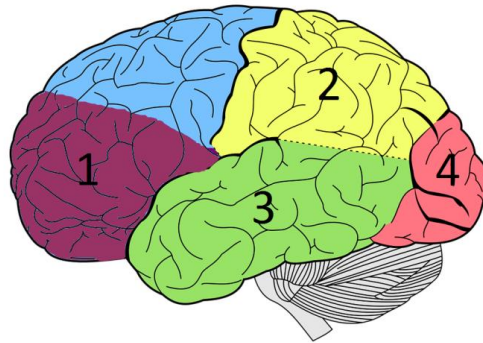
Quel terme désigne la quantité d'information pouvant être stockée en mémoire à court terme ?

.....

Quel est le nombre magique découvert par Miller en 1956 ?

.....

Le cerveau



Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond au lobe pariétal ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond au lobe occipital ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'endroit où se situe la mémoire à court terme ?

1

2

3

4

Je ne sais pas

Comment se nomme la répétition mentale de l'information ?

.....

Page 4 du questionnaire

Qu'est-ce qui distingue la mémoire de travail de la mémoire à court terme ?

.....

Combien de modules composent la mémoire de travail ?

.....

Quel module de la mémoire de travail est spécialisé dans le maintien à court terme d'informations verbales ?

.....

Vers quel âge apparaît la subvocalisation ?

.....

Quel module de la mémoire de travail est spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales ?

.....

Dans quelle mémoire, parmi les trois grands types qui existent, se trouve la mémoire de travail ?

.....

Combien y a-t-il de grands types de mémoire à long terme ?

.....

En combien de sous-parties se divise la mémoire déclarative ?

.....

Page 5 du questionnaire

À quoi correspond la mémoire épisodique ?

.....

Qu'est-ce qui distingue la mémoire épisodique de la mémoire sémantique ?

.....

Savoir que Paris est la capitale de la France sans se souvenir de l'endroit et du moment où l'on a appris cette information est une connaissance stockée dans quel type de mémoire ? (Soyez précis)

.....

À quoi correspond le sentiment de reviviscence dans la mémoire épisodique ?

.....

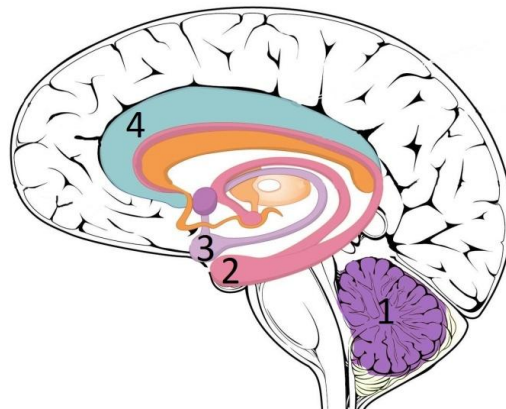
Pour quelle raison observe-t-on que les personnes de plus de 40 ans se souviennent davantage des souvenirs vécus à la période adolescence-jeune adulte, entre 10 et 30 ans ?

.....

Avant quel âge observe-t-on une quasi absence de souvenirs ?

.....

Vue interne du cerveau



Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'amygdale ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à la structure cérébrale impliquée dans la mémoire procédurale ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'hippocampe ?

- 1
- 2
- 3
- 4

Je ne sais pas

Combien de mémoires non déclaratives distingue-t-on ?

.....

L'ensemble de nos savoir-faire et compétences motrices est stocké dans quel type de mémoire ?
(Soyez précis)

.....

Dans quel type de mémoire sont enregistrées les émotions liées à des expériences personnellement vécues ? (Soyez précis)

.....

Page 6 du questionnaire

Quelle structure cérébrale associe le souvenir à l'émotion ressentie ?

.....

Dans quelle mémoire, parmi les trois grands types qui existent, se trouve la mémoire procédurale ?

.....

Suite aux atteintes d'une structure cérébrale, le patient HM n'est plus capable d'accéder à des souvenirs anciens et n'est plus capable d'acquérir de nouvelles connaissances. Toutefois, ses capacités cognitives ainsi que ses connaissances générales sur le monde sont conservées.

Quelle mémoire déclarative est atteinte dans le cas du patient HM ?

.....

Quelle structure cérébrale est touchée dans le cas du patient HM ?

.....

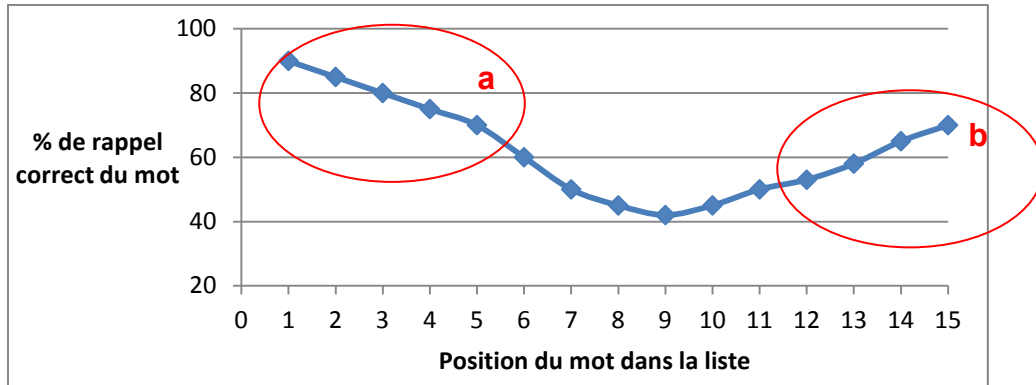
Quelle mémoire déclarative est conservée dans le cas du patient HM ?

.....

Un patient amnésique oublie ce qu'il se passe et n'arrive pas à acquérir de nouvelles informations en mémoire. Toutefois, en dessinant une étoile plusieurs fois sa performance s'améliore. Etant donnée la performance à la tâche de dessin de l'étoile, quelle est la mémoire non déclarative préservée ici ?

.....

On fait apprendre une même liste de 15 mots à plusieurs adultes. On regarde le pourcentage de rappel correct du mot en fonction de sa position dans la liste (par exemple si 6 personnes sur 10 ont correctement rappelé le mot qui avait la position 6 dans la liste alors on obtient 60% de rappel correct de ce mot). Les données sont reportées sur le graphique ci-dessous.



Selon vous, quel module de la mémoire de travail entraîne les effets observés sur ce graphique ?

.....

Quelle est la mémoire non déclarative la moins touchée par le vieillissement ?

.....

Selon vous, à quoi peut-on comparer la mémoire sémantique ?

.....

Annexe 12. Questionnaire d'apprentissage corrigé par catégories de questions.

Questions portant sur les informations représentées : **macrostructure (12 questions)**

1. Quel est le nom de la mémoire sensorielle la plus utilisée ?

La mémoire visuelle / iconique

2. Quelle est la mémoire sensorielle qui reçoit les sensations thermiques ?

La mémoire tactile

3. Quel terme désigne le fait de condenser des informations initialement distinctes (exemple : lettre f, b et i) en une seule unité d'information (exemple : FBI) ?

Chunks

4. Quel terme désigne la quantité d'information pouvant être stockée en mémoire à court terme ?

Empan mnésique

5. Qu'est-ce qui distingue la mémoire de travail de la mémoire à court terme ?

La mémoire de travail réalise un traitement de l'information

6. Quel module de la mémoire de travail est spécialisé dans le maintien à court terme d'informations verbales (sons, mots, etc.) ?

La boucle phonologique

7. Quel module de la mémoire de travail est spécialisé dans le stockage d'informations visuelles et spatiales ?

Le calepin visuo-spatial

8. A quoi correspond la mémoire épisodique ?

Aux souvenirs de l'individu / expériences personnelles / vécu

9. Qu'est-ce qui distingue la mémoire épisodique de la mémoire sémantique ?

Dans la mémoire épisodique il y a un contexte associé à l'information, ce n'est pas le cas dans la mémoire sémantique

10. Savoir que Paris est la capitale de la France sans se souvenir de l'endroit et du moment où l'on a appris cette information est une connaissance stockée dans quel type de **mémoire** ? (Soyez précis)

Mémoire déclarative sémantique

11. L'ensemble de nos savoir-faire et compétences motrices est stocké dans quel type de mémoire ? (Soyez précis)

Mémoire procédurale

12. Dans quel type de mémoire sont enregistrées les émotions liées à des expériences personnellement vécues ?

Mémoire émotionnelle

Questions portant sur les informations représentées : **relations hiérarchiques (7 questions)**

1. Combien y a-t-il de mémoires immédiates ?

Deux

2. Combien de modules composent la mémoire de travail ?

Trois

3. Dans quelle mémoire, parmi les trois grands types qui existent, se trouve la mémoire de travail ?

Mémoire immédiate

4. Combien y a-t-il de grands types de mémoire à long terme ?

Deux

5. En combien de sous-parties se divise la mémoire déclarative ?

Deux

6. Combien de mémoire non déclarative distingue-t-on ?

Deux

7. Dans quelle mémoire, parmi les trois grands types qui existent, se trouve la mémoire procédurale ?

Mémoire à long terme

Questions portant sur les informations non représentées : **microstructure (12 questions)**

1. Lorsqu'une information est traitée les caractéristiques de l'évènement sont enregistrées en mémoire. Comment se nomme la trace en mémoire créée dans le cerveau ?

Engramme

2. Quel est le pourcentage (environ) d'informations visuelles transmises à notre cerveau ?

80%

3. Quelle serait a priori la mémoire sensorielle la plus performante ?

La mémoire olfactive

4. Quelle est la durée moyenne de maintien d'une information en mémoire à court terme ?

20 secondes

5. Quel est le nombre magique découvert par Miller en 1956 ?

7 éléments + ou - 2

6. Comment se nomme la répétition mentale de l'information ?

La subvocalisation

7. Vers quel âge apparaît la subvocalisation ?

6-7 ans

8. A quoi correspond le sentiment de reviviscence en mémoire épisodique ?

Le sentiment de pouvoir revivre le souvenir

9. Pour quelle raison observe-t-on que les personnes de plus de 40 ans se souviennent davantage des souvenirs vécus à la période adolescence-jeune adulte, entre 10 et 30 ans ?

C'est à cet âge qu'il y a le plus de premières expériences

10. Avant quel âge observe-t-on une quasi absence de souvenirs ?

Avant 3 ans

11. Quelle structure cérébrale associe le souvenir à l'émotion ressentie ?

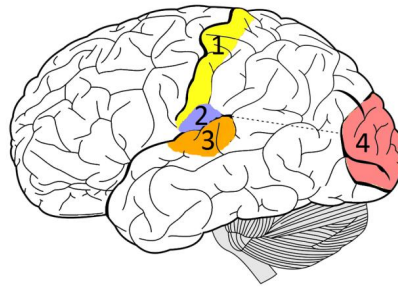
L'amygdale

12. Quelle est la mémoire non déclarative la moins touchée par le vieillissement ?

La mémoire procédurale

Questions portant sur les informations non représentées : **informations illustrées (8 questions)**

Les aires sensorielles



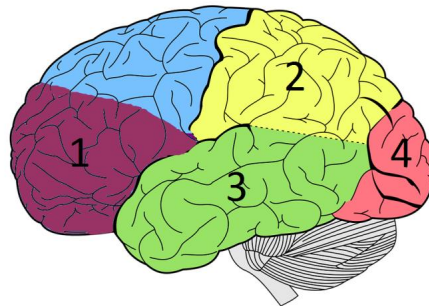
1. Quel numéro correspond à l'aire sensorielle visuelle ?

- 4

2. Quel numéro correspond à l'aire somatosensorielle ?

- 1

Le cerveau



3. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond au lobe pariétal ?

- 2

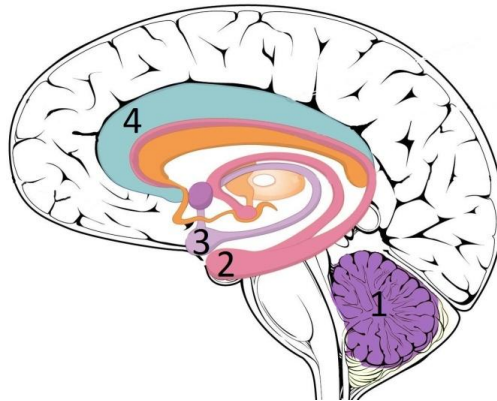
4. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond au lobe occipital ?

- 4

5. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'endroit où se situe la mémoire à court terme ?

- 1

Vue interne du cerveau



6. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'amygdale ?
 - 3

7. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à la structure cérébrale impliquée dans la mémoire procédurale ?
 - 1

8. Sur le schéma ci-dessus, quel numéro correspond à l'hippocampe ?
 - 2

Questions de **transfert des connaissances** (6 questions)

Suite aux atteintes d'une structure cérébrale, le patient HM n'est plus capable d'accéder à des souvenirs anciens et n'est plus capable d'acquérir de nouvelles connaissances. Toutefois, ses capacités cognitives ainsi que ses connaissances générales sur le monde sont conservées.

1. **Quelle mémoire déclarative est atteinte dans le cas du patient HM ?**

Mémoire épisodique

2. **Quelle structure cérébrale est touchée dans le cas du patient HM ?**

Hippocampe

3. **Quelle mémoire déclarative est conservée dans le cas du patient HM ?**

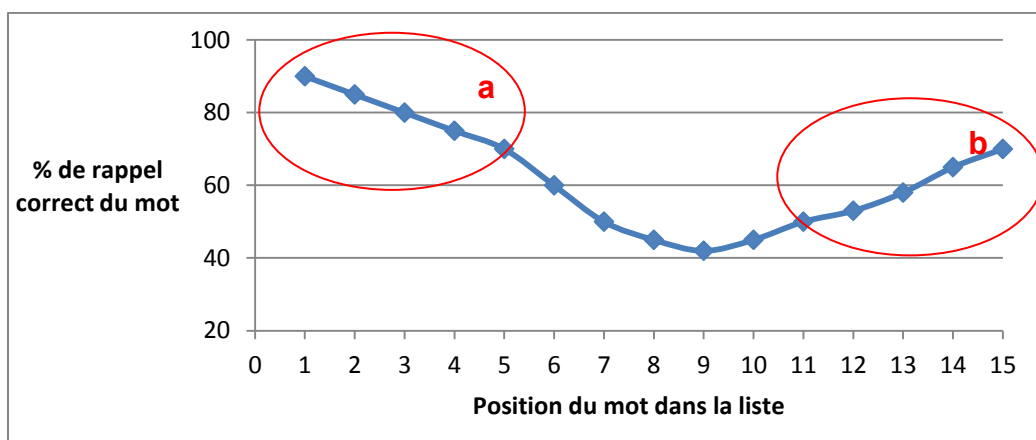
Mémoire sémantique

Un patient amnésique oublie ce qu'il se passe et n'arrive pas à acquérir de nouvelles informations en mémoire. Toutefois, en dessinant une étoile plusieurs fois sa performance s'améliore.

4. Etant donnée la performance à la tâche de dessin de l'étoile en miroir, quelle est la mémoire non déclarative préservée ici ?

Mémoire procédurale

On fait apprendre une même liste de 15 mots à plusieurs adultes. On regarde le pourcentage de rappel correct du mot en fonction de sa position dans la liste (par exemple si 6 personnes sur 10 ont correctement rappelé le mot qui avait la position 6 dans la liste alors on obtient 60% de rappel correct de ce mot). Les données sont reportées sur le graphique ci-dessous.



5. Selon vous, quel module de la mémoire de travail entraîne les effets observés sur ce graphique ?

Boucle phonologique

6. Selon vous, à quoi peut-on comparer la mémoire sémantique ?

Encyclopédie / dictionnaire

Index des tableaux

Tableau 1. Modèle du SOAR : composantes du SOAR, processus cognitifs, stratégies efficaces et inefficaces du SOAR (d'après Jairam & Kiewra, 2009, p.608 ; 2010, p.602, notre traduction).....	28
Tableau 2. Pourcentages de réponses correctes obtenus dans chacun des groupes de l'étude de Guri-Rozenblit aux questions liées au diagramme et non liées au diagramme (p.243).	50
Tableau 3. Comparaison des deux théories par Stull et Mayer (2007, p.810). 67	
Tableau 4. Description des diapositives de contenu du document multimédia. 85	
Tableau 5. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.	103
Tableau 6. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les trois conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.	125
Tableau 7. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de la difficulté perçue ainsi que le temps d'apprentissage.	145
Tableau 8. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les cinq conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation de l'effort investi au cours de l'apprentissage ainsi que le temps d'apprentissage.....	168
Tableau 9. Moyennes, écarts-types et différences obtenus dans les quatre conditions de l'étude pour le questionnaire d'apprentissage, l'évaluation des efforts perçus ainsi que le temps d'apprentissage.....	188

Index des figures

Figure 1. Modèle de la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Mayer (2014, notre traduction, p.52).	23
Figure 2. Modèle de la théorie affectivo-cognitive de l'apprentissage multimédia de Moreno (2006 ; Moreno & Mayer, 2007).....	25
Figure 3. Présentation de différents types de présentation de l'information et caractéristiques de ces formats (Robinson & Kiewra, 1995, p.457).	38
Figure 4. Texte lu dans la condition « avec signaux, texte court, structure complexe » (à gauche) et texte lu dans la condition « sans signaux, texte court, structure complexe » (à droite) dans l'étude de Lorch, Lorch et Inman (1993, p.289-290).	42
Figure 5. Résultats obtenus dans l'étude de Surber et Schroeder au sein du groupe « avec titres » à gauche et « sans titres » à droite (2007, p.492).	43
Figure 6. Documents donnés aux étudiants en condition « plan » (à gauche) et « illustration » (à droite) dans l'étude de Bui et McDaniel (2015, p.132).....	45
Figure 7. Diagramme utilisé dans l'étude de Guri-Rozenblit (1989, p.241). ...	49
Figure 8. Graphique organisateur utilisé dans l'étude de McCrudden, Schraw, Lehman et Poliquin (2007, p.370).....	51
Figure 9. Condition vues d'ensemble (en haut) et condition matrice (en bas) utilisées dans l'étude de Robinson et Kiewra (1995, p.456).	56
Figure 10. Condition plan à gauche et condition graphique organisateur à droite dans l'étude de Bera et Robinson (2004, p.382, p.388).....	58
Figure 11. Plan (en haut) et graphique (en bas) utilisés dans l'étude de McCrudden, Schraw et Lehman (2009, p.66-67).....	59
Figure 12. Tableau présentant différentes techniques visant à favoriser la génération par les apprenants (Wittrock, 1989, p.354).	64

Figure 13. L'apprentissage par génération (Lee, Lim, & Grabowski, 2008, p.113, notre traduction).....	65
Figure 14. Résultats obtenus (en pourcentage de réponses correctes) aux questions de compréhension dans l'étude de Balluerka (1995, p.372).	70
Figure 15. Aperçu des conditions « graphiques donnés » à gauche et « graphiques auto-générés » à droite dans l'étude de Stull et Mayer (2007, p.809)...	73
Figure 16. Aperçu des conditions a) « texte seul », b) « mise en saillance », c) « mise en saillance auto-générée », d) « graphique organisateur » et e) « graphique organisateur auto-généré » dans l'étude de Ponce et Mayer (2014, p.22-25).....	76
Figure 17. Graphiques organisateurs incomplet, partiel et complet utilisés dans l'étude de Katayama et Robinson (2000, p.121, 123, 125).....	79
Figure 18. Graphique organisateur créé regroupant les informations essentielles du diaporama.....	86
Figure 19. Plan créé regroupant les informations essentielles du diaporama.	87
Figure 20. Exemple d'une diapositive du tutoriel vidéo de la condition contrôle.	90
Figure 21. Copies d'écrans des conditions contrôle (en haut à gauche), « graphique auto-généré » (en haut à droite), « graphique statique » (en bas à gauche) et « graphique séquentiel » (en bas à droite).	96
Figure 22. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et les groupes graphiques (statique et séquentiel) aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances.....	105
Figure 23. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique statique » et le groupe « graphique séquentiel » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances.....	106
Figure 24. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les groupes graphiques donnés (statique et séquentiel) et le groupe « graphique auto-généré »	
	279

aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances..... 107

Figure 25. Copies d'écrans des conditions contrôle (en haut à gauche), « plan auto-généré » (en haut à droite) et « plan donné » (en bas). 119

Figure 26. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « plan donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances..... 126

Figure 27. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « plan donné » et le groupe « plan auto-généré » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques ainsi qu'aux problèmes de transfert des connaissances..... 128

Figure 28. Copies d'écrans des conditions contrôle (en haut à gauche), « graphique donné » (en haut à droite), « graphique auto-généré total » (en bas à gauche) et « graphique auto-généré partiel » (en bas à droite)...... 139

Figure 29. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances..... 147

Figure 30. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré total » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances..... 148

Figure 31. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré partiel » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances..... 150

Figure 32. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique auto-généré partiel » et le groupe « graphique auto-généré total » aux

questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances 152

Figure 33. Copies d'écran des diaporamas pour a) le groupe contrôle, b) le groupe « graphique donné avec accès simultané », c) le groupe « graphique donné avec accès différé », d) le groupe « graphique auto-généré avec accès simultané » et e) le groupe « graphique auto-généré avec accès différé »..... 162

Figure 34. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné avec accès simultané » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances. 170

Figure 35. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les deux groupes graphique donné et les deux groupes graphique auto-généré aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances. 171

Figure 36. Pourcentages de réponses correctes obtenus par les deux groupes graphique « avec accès simultané » et les deux groupes graphique « avec accès différé » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de 173

Figure 37. Copies d'écran des conditions contrôle (en haut à gauche), « graphique donné » (en haut à droite), « graphique auto-généré phases combinées » (en bas à gauche) et « graphique auto-généré phases séparées » (en bas à droite). 182

Figure 38. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe contrôle et le groupe « graphique donné » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances. 190

Figure 39. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré phases combinées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances. 191

Figure 40. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique donné » et le groupe « graphique auto-généré phases séparées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert de connaissances. 193

Figure 41. Pourcentages de réponses correctes obtenus par le groupe « graphique auto-généré phases combinées » et le groupe « graphique auto-généré phases séparées » aux questions de mémorisation de la macrostructure, des relations hiérarchiques et aux problèmes de transfert des connaissances. 194

EFFET DES ACTIVITÉS DE GÉNÉRATIONS SUR L'APPRENTISSAGE DES ÉTUDIANTS DANS DES ENVIRONNEMENTS MULTIMÉDIAS INTERACTIF

Résumé

Les données issues de la littérature montrent que l'ajout d'aides visuelles (i.e., graphiques organisateurs, plans) à des documents multimédias améliore non seulement la mémorisation des étudiants mais également leur compréhension en représentant les informations essentielles du document ainsi que les relations hiérarchiques qu'elles entretiennent. De plus, de nombreux auteurs recommandent d'engager les apprenants dans le traitement profond des informations, par exemple, en leur demandant de générer eux-mêmes des aides visuelles. Actuellement, les quelques études s'étant intéressées à la comparaison de groupes où une aide visuelle est fournie avec le document (apprenant « passif ») à des groupes où l'aide est auto-générée (apprenant « actif ») rapportent des résultats contrastés, l'auto-génération entraînant parfois des effets bénéfiques (hypothèse de génération) et parfois des effets néfastes (hypothèse de charge cognitive). Dans cette thèse, une série de cinq études a été réalisée afin d'étudier plus précisément les effets de l'auto-génération de graphiques organisateurs sur les performances d'apprentissage des étudiants. Les résultats de ces études répliquent les effets bénéfiques de l'ajout d'aides visuelles (graphiques ou plans) sur l'apprentissage. Cependant, des effets négatifs de l'auto-génération ont été quasi-systématiquement obtenus démontrant ainsi la complexité de ce type d'activité. Ces effets n'étaient toutefois plus observés lorsque la génération du graphique était guidée dans nos dernières études (*scaffolding*, génération partielle) ce qui ouvre de nombreuses pistes de recherches.

Mots clés : activités de génération, apprentissage multimédia, stratégies d'apprentissage, graphiques organisateurs, plans.

THE EFFECTS OF GENERATIVE ACTIVITIES ON STUDENTS' LEARNING IN INTERACTIVE MULTIMEDIA ENVIRONMENT

Abstract

The literature shows that adding visual aids (i.e., graphic organizers, outlines) to multimedia documents increases students' memorization and comprehension by depicting the main ideas of the document and their interrelationship. Moreover, numerous authors recommend turning students into active learners in their learning and involving them in processing information deeply, by asking them to self-generate a visual aid. Nowadays, the few studies which have compared groups where a visual aid is given ("passive" learner) to groups where it is self-generated (active learner) yield contrasting results, showing either positive effects of self-generation (generative hypothesis) or detrimental ones (cognitive load hypothesis). In this dissertation, a series of five studies was conducted to precisely assess self-generation effects of graphic organizers on students' learning performances. The results replicated the beneficial effects of adding visual aids (graphics or outlines) on learning. Yet, negative self-generation effects were almost always obtained. However, these effects disappeared when the self-generation of the organizer was guided (*scaffolding*, partial self-generation) which opens the way to further research.

Keywords: generative activities, multimedia learning, learning strategies, graphic organizers, outlines.

LP3C – EA 1285

Université Rennes 2
Place du Recteur Henri Le Moal
CS 24307
35043 Rennes Cedex

