Compréhension d'informations multimodales : influence du mode de présentation et de la mémoire de travail

Véronique Dubois, Valérie Gyselinck, Hugues Choplin

▶ **To cite this version:**

Véronique Dubois, Valérie Gyselinck, Hugues Choplin. Compréhension d'informations multimodales : influence du mode de présentation et de la mémoire de travail. Cinquième colloque Hypermédias et apprentissages, Apr 2001, Grenoble, France. pp.211-224. edutice-00000462

HAL Id: edutice-00000462
https://edutice.hal.science/edutice-00000462

Submitted on 8 Jun 2004

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.

COMPRÉHENSION D'INFORMATIONS MULTIMODALES : INFLUENCE DU MODE DE PRÉSENTATION ET DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

Véronique DUBOIS*, **, Valérie GYSELINCK* et Hugues CHOPLIN**

* Université R. Descartes - Laboratoire de Psychologie Expérimentale
UMR 8581- CNRS -EPHE - Centre Universitaire de Boulogne,
71, avenue Édouard Vaillant - 92774 Boulogne Billancourt Cedex

** École Nationale Supérieure des Télécommunications
Département Innovation Pédagogique - 46, rue Barrault - 75013 Paris

dubois@psycho.univ-paris5.fr, vdubois@enst.fr

Résumé : *L'apprentissage multimédia nécessite que les apprenants comprennent et mettent en relation des informations multimodales. D'un point de vue cognitif, l'intégration de ces informations repose sur des processus psychologiques complexes qui sont influencés par la façon dont les informations sont présentées et par les capacités cognitives des apprenants. Nous adoptons les considérations théoriques de la compréhension, de la mémoire de travail et de l'apprentissage multimédia pour étudier l'influence du mode de présentation multimédia sur la compréhension des informations multimodales. Nous étudions également la mobilisation de mémoires spécifiques lors de cette activité. Bien que les résultats de l'expérience montrent que la manipulation du mode de présentation des informations verbales (visuel* vs *auditif) n'affecte globalement pas leur compréhension, ils indiquent toutefois que la combinaison d'informations verbales présentées auditivement et d'informations iconiques présentées visuellement facilite l'intégration d'informations multimodales. Les résultats obtenus en utilisant un paradigme de double-tâche échouent à montrer que cette activité mobilise spécifiquement la mémoire spatiale, mais montrent qu'elle mobilise un registre mnésique verbal. La question du recours à des capacités mnésiques générales au cours de l'intégration d'informations multimédia est soulevée.*

Mots-clés : *multimédia, informations multimodales, mémoire de travail*

Abstract : *Multimedia learning requires learners to understand and to relate multimodal information. From a cognitive point of view, the integration of information relies on complex psychological processes which are influenced by the way information is presented as well as by learners' cognitive capacities. Comprehension and memory theories as well as multimedia learning models serve as a*

framework to study the influence of multimedia presentation on the comprehension of multimodal information. The involvement of specific memories during this activity is also studied with a dual-task paradigm. An experiment shows that the mode of presentation of verbal information (visual vs *auditory) does not affect the comprehension. However, it indicates that a combined presentation of auditory verbal and visual iconic information would facilitate the integration of multimodal information. Results failed to show that spatial memory is specifically involved, but suggest that the integration of multimedia information would involve the phonological memory. The issue of the involvement of some general memory capacities during information integration is raised.*

***Keywords** : multimedia, multimodal information, working memory*

INTRODUCTION

Les systèmes multimédia pédagogiques conduisent les apprenants à traiter des informations visuelles (textes, illustrations, photographies, graphiques) et des informations auditives (verbales et non verbales). Afin de réaliser un apprentissage efficace, ils doivent comprendre, mémoriser et mettre en relation ces informations pour les intégrer aux connaissances préalables dont ils disposent. Ces opérations sont réalisées grâce à la mise en jeu de processus complexes eux-mêmes contraints par les caractéristiques du système cognitif des apprenants. Aussi, la conception des nouveaux supports pédagogiques doit s'appuyer sur un modèle général du fonctionnement cognitif des apprenants. La connaissance d'un tel modèle doit participer à une meilleure adaptation des supports pédagogiques hypermédia à leur public.

Dans ce cadre, nous étudions l'influence des modes de présentation des informations dans le but de déterminer si l'un d'entre eux permet aux apprenants de développer au mieux les processus de compréhension des informations multimodales. Considérant les points de vue de la psychologie cognitive, nous cherchons à identifier dans quelle mesure ces processus mettent en jeu des types de mémoires spécifiques.

Cadre théorique

Représentations mentales et types de mémoires mis en jeu dans la compréhension et l'apprentissage

La théorie des modèles mentaux (Johnson-Laird, 1983) décrit les représentations mises en jeu dans le traitement du langage et le raisonnement. Deux types de représentation sont contrastés : les représentations propositionnelles et les modèles mentaux. Cette théorie nous semble appropriée pour rendre compte de l'apprentissage multimédia. Un modèle mental est en effet défini comme une représentation mentale isomorphe à l'état de choses évoqué par un texte et partage donc de nombreux points communs avec une image. À la fois produit et source d'inférences, un modèle mental est une représentation dont l'élaboration prend du temps et est notamment contrainte par les capacités mnésiques de l'apprenant. Dans le modèle qu'il propose en 1986, Baddeley décrit la mémoire de travail comme un système

assurant une double fonction de traitement et de stockage temporaires des informations, fonction mise en jeu au cours d'activités cognitives complexes telles que la compréhension, la production du langage ainsi que l'acquisition de connaissances nouvelles. Un système central, appelé centre exécutif, est supposé contrôler et coordonner deux sous-systèmes aux capacités limitées : un sous-système responsable des informations verbales appelé boucle phonologique et un sous-système responsable des informations visuelles, spatiales et des images mentales appelé calepin visuo-spatial (voir figure 1).

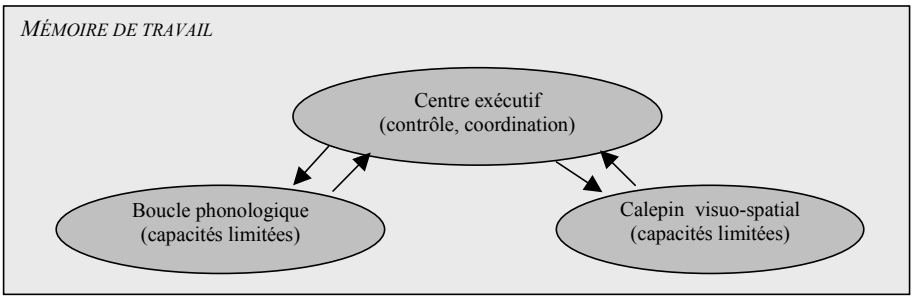

Figure 1. ***Modèle théorique de la mémoire de travail (Baddeley, 1986).***

Modèles cognitifs de l'apprentissage multimédia

S'appuyant sur ces définitions des représentations mentales et des types de mémoire possiblement mis en jeu dans la compréhension de textes illustrés, Mayer a proposé en 1993 puis en 1997 un modèle de l'apprentissage multimédia (voir figure 2). Selon ce modèle, afin d'apprendre avec les supports multimédia, les apprenants sélectionnent l'information à l'aide de deux processus spécifiques. Un processus de sélection des mots sous-tend la construction d'une représentation mentale propositionnelle des informations verbales et un processus de sélection des images sous-tend la construction d'une représentation mentale imagée des informations visuelles. En mobilisant les capacités limitées de la mémoire de travail, l'apprenant organise ensuite les deux représentations sous une forme cohérente : un modèle mental verbal et un modèle mental visuel / imagé sont élaborés. Enfin, l'apprenant relie les informations contenues dans ces deux nouvelles représentations mentales en les intégrant aux connaissances antérieures déjà présentes en mémoire à long terme.

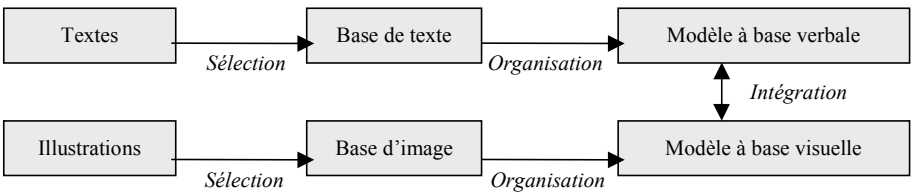

Figure 2. ***Modèle génératif de l'apprentissage multimédia (Mayer, 1997).***

Schnotz, Böckheler et Grzondziel (1999) ont également proposé un modèle de l'apprentissage à partir de textes et d'illustrations (voir figure 3). Dans les supports éducatifs multimédia, les informations verbales seraient dans un premier temps l'objet d'un traitement sub-sémantique (syntaxico-lexical) aboutissant à l'élaboration d'une représentation de surface du texte. Ensuite, par un traitement

sémantique, les apprenants élaboreraient une représentation propositionnelle du texte. Dans le même temps, sur la base des illustrations présentées, les apprenants se forgeraient en les observant (perception) une image visuelle, à partir de laquelle un modèle mental pourrait être élaboré par le biais d'une sélection thématique. Enfin, les deux représentations mentales ainsi élaborées (représentation propositionnelle et modèle mental) seraient mises en relation et contribueraient ainsi à améliorer l'acquisition de connaissances.

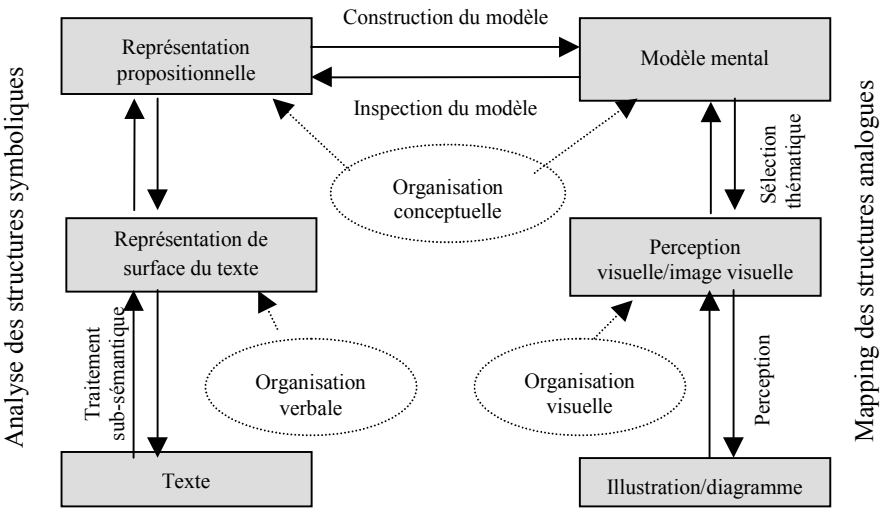

Figure 3. ***Modèle de l'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations (Schnotz, Böckheler et Grzondziel, 1999)***

Mayer (1993, 1997) ou Schnotz, Böckheler et Grzondziel (1999) soulignent la nécessité de prendre en considération dans leurs modèles la notion de charge mentale associée à l'activité d'apprentissage multimédia, mais ils n'en donnent pas de définition précise. Sweller, Van Merrienboer et Paas (1998) ont défini ce concept en le resituant dans la problématique de l'apprentissage multimédia. La charge cognitive est définie par ces auteurs comme la charge mentale que l'exécution d'une tâche impose sur le système cognitif. Variant selon la quantité et la qualité des informations présentées dans un produit pédagogique multimédia, la charge cognitive est supposée dépendre des capacités de stockage et de traitement de l'information de la mémoire de travail des apprenants.

Ayant pour cadre théorique ces modèles récents de l'apprentissage multimédia, nos travaux se situent dans le prolongement de ceux qu'ont réalisés Kruley, Sciama et Glenberg (1994), Mayer et Moreno (1998), Mayer *et al.* (1999) et Moreno et Mayer (1999a, b). De premières recherches (Gyselinck *et al.*, 1998 ; Gyselinck *et al.*, 2000) ont indiqué que la compréhension de textes seuls ou illustrés mobilise la composante verbale de la mémoire de travail. Mais ces études ont surtout révélé que la compréhension de textes accompagnés d'illustrations est spécifiquement contrainte par les capacités limitées de la mémoire de travail visuo-spatiale. Afin de poursuivre ces premiers travaux, une collaboration entre le département Innovation Pédagogique (IP) de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST)

et l'équipe « Compréhension de texte et mémoire » du Laboratoire de Psychologie Expérimentale (EPHE, CNRS) de l'Université R. Descartes (Paris V) a été mise en place [1].

Les travaux réalisés dans le cadre de cette collaboration ont pour objectif d'une part d'étudier l'influence du mode de présentation des informations verbales et iconiques sur la charge cognitive et d'autre part de lier ce phénomène à la mise en jeu des sous-systèmes spécifiques (visuo-spatial et verbal) de la mémoire de travail au cours de l'apprentissage multimédia. Afin de répondre au premier objectif, nous manipulons le mode de présentation des informations verbales (visuel, auditif). Si présenter différentes informations dans un mode unique augmente la charge cognitive, alors on devrait observer un meilleur niveau de compréhension dans des formats multimédia présentant auditivement les informations verbales et visuellement les informations iconiques, par rapport à des formats présentant ces deux types d'informations dans un seul mode (présentation visuelle). On s'attend également à ce que des questions se rapportant à des informations présentées dans un seul médium (questions Texte) soient mieux réussies que des questions nécessitant une mise en relation d'informations présentées dans plusieurs média (questions Intégration). Enfin, si la présentation d'informations distinctes dans des modes différents (verbales auditives et iconiques visuelles) facilite la compréhension multimédia, alors on s'attend à ce que cet effet facilitateur soit plus marqué pour des questions impliquant l'intégration cognitive d'informations multimodales (questions Intégration) que sur des questions ne portant que sur un médium (questions Texte).

Afin d'étudier la mobilisation des sous-systèmes spécifiques de la mémoire de travail au cours de la compréhension de séquences multimédia, nous utilisons le paradigme de double-tâche. Ce paradigme consiste à inviter les sujets à réaliser simultanément deux tâches : une tâche dite principale et une tâche concurrente. Si les deux tâches principale et concurrente mobilisent un même sous-système de la mémoire de travail, alors elles doivent entrer en compétition au niveau de ses capacités limitées. Nous faisons donc les hypothèses suivantes : si la compréhension de séquences multimédia met en jeu les sous-systèmes spécifiques de la mémoire de travail, on devrait observer un effet négatif général des deux tâches concurrentes sur la compréhension, c'est-à-dire une chute des performances de compréhension dans ces deux conditions comparativement à la condition contrôle. De plus, cet effet négatif devrait être plus marqué pour des séquences présentant des informations verbales et iconiques dans un seul mode (visuel) que pour des séquences présentant ces informations dans des modes distincts (auditif pour les informations verbales, visuel pour les informations iconiques). On s'attend à ce que la tâche concurrente spatiale affecte plus la performance aux questions Intégration dans les formats multimédia présentant les informations dans un seul mode (visuel) que dans des formats présentant ces informations dans deux modes distincts (verbal auditif et iconique visuel). Alors qu'au contraire on s'attend à ce que la tâche concurrente verbale affecte plus la performance aux questions Texte dans ce dernier format (auditif, visuel) que dans un format présentant les informations dans un seul mode (visuel).

---

1 Co-tutelle d'un doctorat de Psychologie Cognitive sur le thème « Nouvelles technologies : intégration cognitive d'informations multimédia et mémoire de travail » supporté par une allocation de recherche de l'action incitative Cognitique (MENRT).

MÉTHODE

Sujets

Cinquante six étudiants en première et deuxième année à l'ENST ou à l'IUT de Cachan ont participé à l'expérience. Cependant seuls cinquante d'entre eux ont été retenus dans l'analyse des résultats, six étudiants ayant été écartés du fait d'un niveau global de compréhension des séquences multimédia trop faible. La passation, individuelle, durait deux heures trente.

Matériel

Séquences multimédia

Le Centre de Ressources en Innovation Pédagogique et Technologies (CRIPT) de l'ENST développe une Collection Pédagogique Hypermédia [2] pour des élèves-ingénieurs en télécommunications. Cette collection comporte pour le moment trois cédéroms : « Prisméo », « L'électronique en questions » et « La téléphonie mobile en questions ». Six séquences ont été extraites du deuxième titre afin de constituer le matériel de l'expérience. Dans leur format original, elles combinent des informations visuelles non redondantes (textes et diagrammes statiques ou animés) et des informations auditives (indications ayant pour but d'attirer l'attention des élèves sur des points précis des notions exposées, jingles). À partir de ce format original, le mode de présentation des textes et des indications (initialement auditif) a été manipulé. Trois nouveaux formats multimédia ont été développés. Dans chaque format les diagrammes ont été maintenus statiques à l'écran et les jingles ont été supprimés. Le temps de présentation des textes est identique, et le temps de présentation des diagrammes a été égalisé dans les trois formats. La possibilité d'intervenir sur le rythme de présentation des informations n'a pas été laissée aux élèves. Dans un format, les textes et indications sont présentés visuellement (on le notera VVV pour textes Visuels, indications Visuelles et diagrammes Visuels). Dans un autre, les textes sont présentés visuellement et les indications auditivement (VAV). Dans le dernier, les textes et indications sont présentés auditivement (AAV). Cf. figure 4.

Questions de compréhension

Afin d'évaluer la compréhension de chaque séquence, deux types de questions ouvertes ont été conçus. Pour chaque séquence, quatre questions paraphrasant les informations présentées via les textes ont été construites (questions Texte) ainsi que quatre questions nécessitant l'intégration des informations véhiculées via les textes et les diagrammes (questions Intégration).

---

2 Animée par le CRIPT et distribuée sur trois écoles du Groupe des Écoles des Télécommunications, cette Collection Pédagogique Hypermédia associe l'ENST, l'ENST de Bretagne (ENSTB), l'Institut National des Télécommunications d'Évry (INT), le Centre National Enseignement à Distance (CNED), l'Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg (ENSPS), l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), l'Université de Paris Sud (IUT de Cachan) et l'École Nouvelle d'Ingénieur en Communication (ENIC). Pour une démonstration du produit, voir le site http://www.cript.enst.fr.

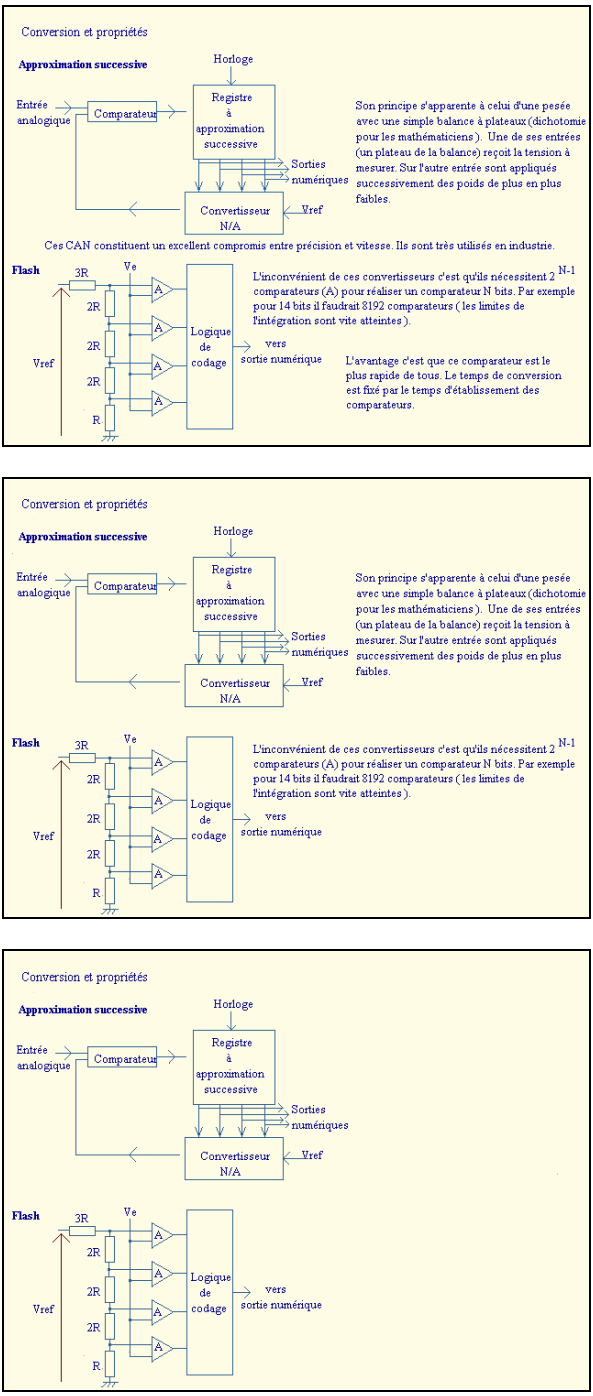

Figure 4. ***Exemple d'un même écran développé selon les trois formats de l'expérience (respectivement VVV, VAV et AAV).***

PROCÉDURE

Mesure du niveau de connaissances générales en l'électricité, des empans mnésiques et de la capacité d'imagerie des sujets

Afin de s'assurer que les élèves disposaient d'un niveau comparable de connaissances générales en électricité, on les a invités en début d'expérience à remplir les douze espaces vides d'un court texte sur ce thème. Ensuite, afin de constituer des groupes de sujets homogènes quant à leurs capacités mnésiques, on a mesuré pour chaque élève l'empan verbal et l'empan spatial. L'empan verbal a été évalué avec la méthode de l'empan de chiffres (Miller, 1956). L'empan spatial a été mesuré à l'aide de la méthode des « Corsi blocs » (Milner, 1971). Une échelle d'imagerie mentale a également été proposée aux élèves (Vividness of Visual Imagery Questionnaire, VVIQ).

Présentation des séquences multimédia

La tâche principale donnée aux élèves consistait à visionner les six séquences multimédia dans le but de les comprendre. Pour ce faire, ils ont reçu pour consigne de lire ou d'écouter, d'observer attentivement et de mémoriser les textes et les diagrammes qui composent les séquences afin de bien les comprendre. La présentation d'une séquence durait entre cinq et dix minutes. Les élèves ont été affectés à un seul format de présentation multimédia : seize élèves ont visionné les six séquences dans le format VVV, dix-sept dans le format VAV et dix-sept autres dans le format AAV. L'ordre de présentation des séquences a été tiré au hasard pour chaque élève. Parmi les six, deux étaient visionnées sans tâche concurrente (condition contrôle), deux autres avec une tâche concurrente spatiale et les deux restantes avec une tâche concurrente verbale. La tâche concurrente spatiale dite de « tapping » consistait à taper répétitivement sur quatre boutons disposés sur un boîtier. La tâche concurrente verbale consistait à répéter les syllabes « ba, be, bi, bo, bu » à haute voix. L'ordre de présentation des tâches concurrentes a été contrebalancé parmi les sujets.

Questions

À la fin du visionnage de chaque séquence multimédia, un livret papier où figuraient les quatre questions de chaque type (Texte et Intégration) était remis à l'élève. Il disposait alors de dix minutes pour répondre aux huit questions. L'ordre de présentation des questions dans le livret papier a été tiré au hasard pour chaque sujet. Chaque question était notée de zéro à trois points. La note moyenne obtenue aux deux types de questions constitue la variable dépendante de l'expérience.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Empans verbal et spatial des sujets, capacité d'imagerie mentale et niveau de connaissance en électricité

Le tableau 1 présente les scores moyens des sujets de chaque groupe à l'empan verbal, spatial, au questionnaire d'imagerie mentale et de connaissances en électricité. Une analyse statistique a indiqué que ces scores sont comparables.

	Empan verbal	Empan spatial	VVIQ	Connaissances
VVV	7,75 *(1,10)*	5,84 *(1,14)*	42,13 *(6,42)*	9,94 *(0,99)*
VAV	7,94 *(1,07)*	5,85 *(1,27)*	45,00 *(7,54)*	10,24 *(1,25)*
AAV	7,65 *(0,94)*	5,88 *(1,18)*	43,94 *(5,92)*	10,24 *(1,03)*

Tableau 1. ***Empans mnésiques moyens (spatial, verbal) et scores moyens aux questionnaires (VVIQ, connaissances) des sujets des trois formats de présentation multimédia (avec les écarts-types entre parenthèses).***

Performances de compréhension

En condition contrôle

La figure 5 présente les scores moyens aux questions dans la condition contrôle en fonction du format de présentation des informations. Ces données ont été soumises à une analyse de variance.

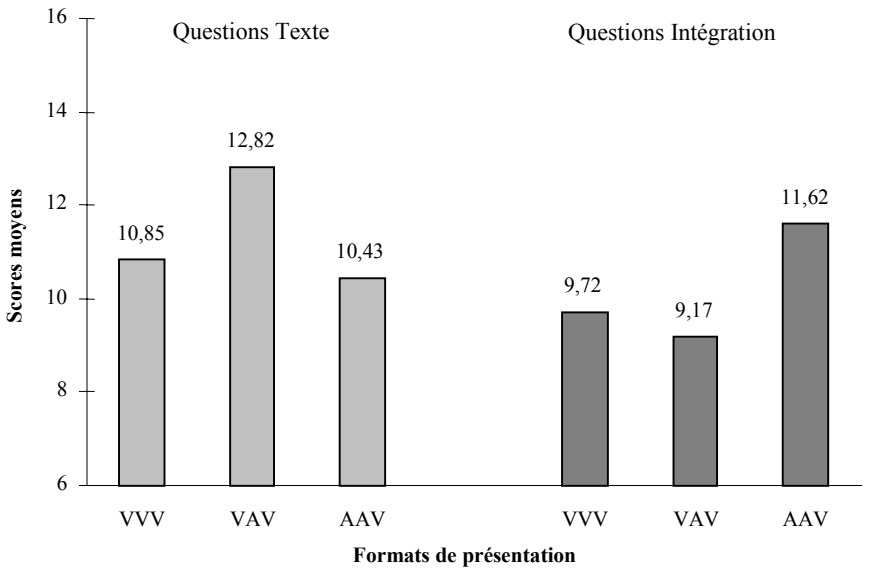

Figure 5. ***Scores moyens aux questions dans la condition contrôle selon le format de présentation des séquences.***

Les performances de compréhension ne varient pas significativement selon le format de présentation dans la condition contrôle (F<1) : les scores moyens sont

équivalents dans les trois formats (VVV=10,28 ; VAV=10,99 ; AAV=11,02). En outre les performances de compréhension sont globalement équivalentes pour les questions Texte (en moyenne 11,37) et pour les questions Intégration (en moyenne 10,18), l'effet n'est pas significatif ($F(1,47)=2,80$). Cependant, il existe dans la condition contrôle une interaction significative entre le format de présentation et le type de questions ($F(2,47)=3,89$, $p<.05$). On peut voir sur la figure 5 que les formats VVV et VAV ne conduisent pas à des performances différentes (l'effet n'est pas significatif, $F<1$) et il n'existe pas d'interaction entre ces formats et le type de questions ($F(1,31)=1,92$). De même, les formats VVV et AAV ne conduisent pas à des performances significativement différentes ($F<1$) et ils n'interagissent pas significativement avec le type de questions ($F(1,31)=1,95$). Cependant, alors que globalement les formats VAV et AAV ne diffèrent pas significativement ($F<1$), l'effet d'interaction avec le type de questions est significatif ($F(1,32)=7,48$, $p<.01$). Conformément à notre hypothèse, on observe dans la figure 5 qu'alors que le format VAV tend à conduire à de meilleurs performances que le format AAV aux questions Texte ($F(1,32)=2,82$, $p=.09$), le format AAV conduit significativement à de meilleures performances aux questions Intégration que le format VAV ($F(1,32)=6,13$, $p<.025$).

Considérons à présent les effets des tâches concurrentes spatiale et verbale dans les formats VAV et AAV.

Comparaison des conditions contrôle et concurrente spatiale

La figure 6 présente les scores moyens aux deux types de questions dans les conditions contrôle et concurrente spatiale en fonction du format de présentation des informations (groupes VAV et AAV).

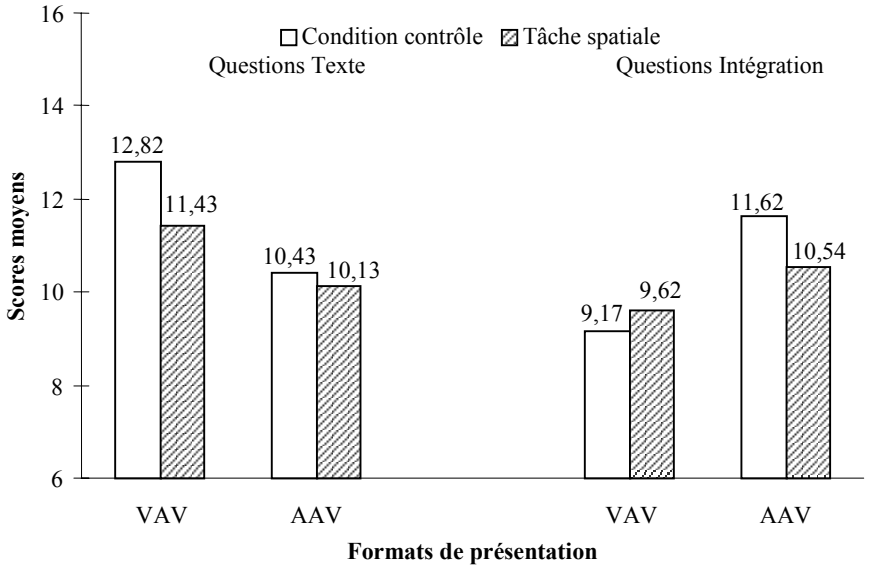

Figure 6. ***Scores moyens aux questions dans les conditions contrôle et concurrente spatiale selon le format de présentation des séquences.***

Le format de présentation des séquences et le type de questions n'ont pas d'effet significatif sur les performances de compréhension des sujets (F<1). Contrairement à nos hypothèses, la tâche concurrente spatiale ne semble pas affecter les performances de compréhension (voir figure 6), elle n'a pas d'effet significatif (F<1). En outre, elle n'interagit pas avec le format de présentation des séquences, ni avec le type de questions (F<1). Il n'y a pas non plus d'interaction triple entre le format de présentation des séquences, le type de questions et la tâche concurrente spatiale (F(1,32)=1,24).

Comparaison des conditions contrôle et concurrente verbale

La figure 7 présente les scores moyens aux deux types de questions dans les conditions contrôle et concurrente verbale en fonction du format de présentation des informations (groupes VAV et AAV).

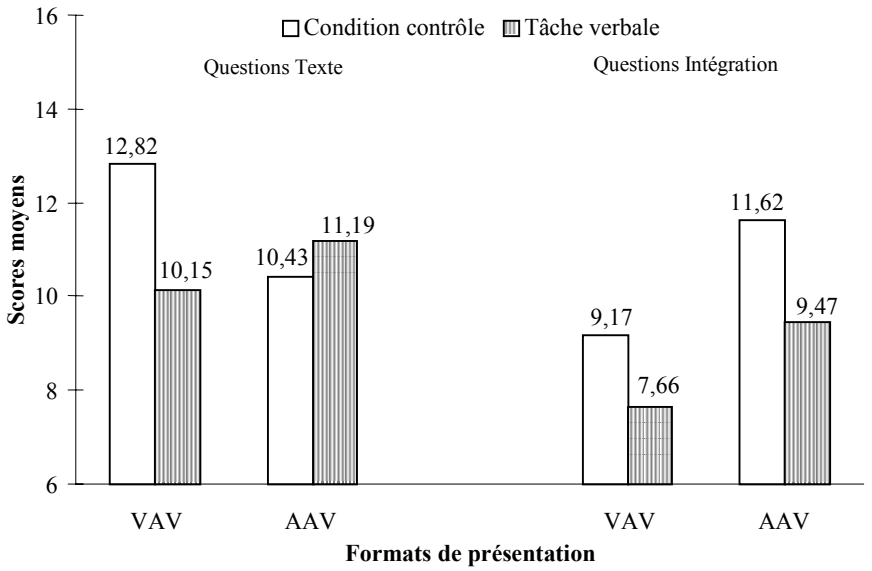

Figure 7. ***Scores moyens aux questions dans les conditions contrôle et concurrente verbale selon le format de présentation des séquences.***

La figure 7 indique que les performances de compréhension des sujets des formats VAV et AAV sont globalement équivalentes, le format de présentation n'a pas d'effet significatif sur la compréhension (F<1). On peut constater dans cette figure que les sujets répondent globalement mieux aux questions Texte (score moyen égal à 11,14) qu'aux questions Intégration (score moyen égal à 9,48), l'effet du type de questions est significatif (F(1,32)=7,37, p<.025). En outre, on peut voir sur la figure 7 que la réalisation de la tâche concurrente verbale au cours du visionnage des séquences altère leur compréhension : conformément aux hypothèses dans la condition contrôle les scores moyens sont significativement meilleurs (en moyenne 11,00) que dans la condition concurrente verbale (en moyenne 9,61, F(1,32)=5,25, p<.05). La tâche concurrente verbale n'interagit significativement ni avec le format de présentation des séquences (F(1,32)=1,31), ni avec le type de

questions (F<1). Cependant, l'interaction triple entre le format de présentation des séquences, le type de questions et la tâche concurrente verbale est marginalement significative (F(1,32)=3,48, p=.06). On voit sur la figure 7 que contrairement à notre hypothèse la tâche concurrente verbale tend à plus altérer la performance aux questions Texte dans le format VAV que dans le format AAV, l'interaction est significative (F(1,32)=3,52, p=.06). Par contre, on constate dans la figure que la tâche concurrente verbale affecte de façon similaire les performances aux questions Intégration dans les formats VAV et AAV (l'interaction n'est pas significative F<1).

DISCUSSION

L'expérience présentée ici avait deux objectifs : étudier l'influence du mode de présentation des informations multimodales sur la compréhension de séquences multimédia, et évaluer la mise en jeu de mémoires spécifiques (verbale *vs* spatiale) dans cette activité.

Pour tester la compréhension des séquences multimédia, nous avons construit deux types de questions : d'une part des questions dont l'intitulé paraphrase les textes présentés dans les séquences multimédia (questions Texte) et d'autre part des questions qui portent à la fois sur les informations verbales et iconiques présentées dans les séquences (questions Intégration). Parce que les questions Intégration nécessitent des élèves qu'ils mettent activement en relation les informations verbales avec les informations iconiques, la performance à ces questions nous apparaît comme un bon indicateur de l'activité de compréhension et d'intégration des informations multimodales. Bien que les résultats recueillis dans la condition contrôle de l'expérience semblent indiquer que le mode de présentation des informations n'influence globalement pas la compréhension, ils montrent que de meilleures performances aux questions Intégration sont observées dans le format AAV que dans le format VAV. Ce résultat concorde avec ceux rapportés dans de précédentes études (Sweller *et al.*, 1998) et suggère que la présentation d'informations de nature distincte (verbale, iconique) dans des modes différents (auditif et visuel, format AAV) réduirait la charge cognitive et faciliterait leur intégration. *A contrario*, la présentation dans un même mode d'informations verbales et iconiques (visuel, format VAV) augmenterait la charge et rendrait l'intégration cognitive plus difficile. Le mode de présentation des informations influencerait notablement le niveau de charge cognitive associé à leur compréhension.

Notre second objectif était d'aller au-delà de ces interprétations du phénomène de charge cognitive en le reliant plus directement à la mobilisation des sous-systèmes spécifiques (visuo-spatial, verbal) de la mémoire de travail des apprenants. Pour ce faire, nous avons utilisé le paradigme de double-tâche en posant les hypothèses suivantes. Si la compréhension de séquences multimédia composées d'informations verbales et iconiques est contrainte par les capacités mnésiques des apprenants, alors leur compréhension devrait être globalement affectée par la réalisation de tâches concurrentes (spatiale, verbale). De plus, si le mode de présentation des informations influence la charge cognitive associée à leur intégration, alors la compréhension de séquences multimédia où les informations verbales et iconiques sont présentées dans le même mode (format VAV) devrait être plus affectée par la

réalisation de tâches concurrentes (spatiale, verbale) que la compréhension de séquences où ces informations sont présentées dans des modes distincts (format AAV). Les résultats de l'expérience indiquent que la réalisation de la tâche concurrente verbale affecte autant la compréhension des informations dans le format VAV que dans le format AAV. Ils révèlent en outre que la compréhension des informations n'est affectée dans aucun des deux formats VAV et AAV par la réalisation de la tâche concurrente spatiale.

Dans les séquences multimédia présentées aux sujets, les informations verbales et les informations iconiques ne sont pas redondantes, ce qui contraint les sujets à interpréter les différents types d'informations afin de les intégrer pour ensuite comprendre le phénomène exposé. Cette caractéristique du matériel complexifie la tâche principale de compréhension et a peut-être amené les sujets à faire assez peu appel aux sous-systèmes spécifiques (visuo-spatial, verbal) de leur mémoire de travail mais fortement appel au système central de cette mémoire (centre exécutif). Ceci expliquerait l'absence d'effet négatif de la tâche spatiale sur la compréhension mais ne permet pas d'expliquer la présence d'un effet négatif général de la tâche concurrente verbale, sauf à prendre en considération les spécificités des sujets ayant participé à l'expérience. Les valeurs moyennes de leurs empans mnésiques ne diffèrent pas descriptivement d'avec ceux des sujets ayant pris part à nos précédents travaux (Gyselinck *et al.*, 1998 ; 2000), cependant il semblerait que les étudiants issus de filières où un poids fort est donné au texte dans l'apprentissage (classes préparatoires scientifiques) subordonnent dans une certaine mesure les informations iconiques aux informations verbales afin d'acquérir de nouvelles connaissances (Choplin *et al.*, 2000). Ceci pourrait permettre d'expliquer en partie l'absence d'effet négatif de la tâche concurrente spatiale : afin de comprendre les notions exposées les sujets se seraient majoritairement appuyés sur les informations verbales et auraient mis en jeu les capacités limitées de leur boucle phonologique afin de les traiter et de les stocker. Cette hypothèse nous permettrait d'interpréter les résultats, mais elle présente toutefois la limite de ne pas nous permettre d'expliquer pourquoi on observe un effet négatif de la tâche concurrente verbale de même ampleur dans les formats AAV et VAV. En effet, faisant cette hypothèse on aurait dû observer un effet négatif de la tâche concurrente verbale plus marqué pour le format AAV (où les textes sont présentés auditivement) que pour le format VAV (où ils sont présentés visuellement).

D'autres expériences doivent être conduites afin d'étudier les relations qui lient mode de présentation des informations et charge cognitive associée à la compréhension d'informations multimédia. Notamment, parce que le centre exécutif est décrit comme assurant des fonctions de contrôle et de coordination des sous-systèmes de la mémoire de travail, l'étude de sa mobilisation au cours de la compréhension du multimédia devrait permettre de mieux comprendre les processus mis en jeu dans l'intégration des informations multimodales. Il est envisageable, par exemple, de remplacer les tâches concurrentes de l'expérience présentée par des tâches concurrentes moins susceptibles d'être automatisées (tâches exécutives spatiale et verbale).

BIBLIOGRAPHIE

Baddeley A. D. (1986). *Working memory*, Oxford psychology series n° 11, Oxford : Oxford University Press.

Choplin H. *et al.* (2000). « Educational multimedia and microelectronics: should we think first about the conditions of use? », *in* B. Courtois, N. Guillemot, G. Kamarinos et G. Stéhelin, *Microelectronics Education*, Londres : Kluwer Academic Publishers, p. 41-44.

Gyselinck V. *et al.* (1998). « L'intégration d'informations verbales et iconiques dans la compréhension de notions scientifiques : prendre en compte les contraintes cognitives des apprenants », *in* J.-F. Rouet et B. de La Passardière (éds), *Hypermédias et Apprentissages 4*, Paris : INRP/EPI, p. 187-197.

Gyselinck V. *et al.* (2000). « Visuo-spatial working memory in learning from multimedia systems », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 16, p. 166-176.

Johnson Laird P. N. (1983). *Mental models*, Cambridge University Press.

Kruley P., Sciama S. C. & Glenberg A. M. (1994). « On line processing of textual illustrations in the visuo-spatial sketchpad: evidence from dual task studies », *Memory and Cognition*, vol. 22, n° 3, p. 261-272.

Mayer R. E. (1993). « Comprehension of graphics in texts: an overview », *Learning and Instruction*, vol. 3, p. 239-245.

Mayer R. E. (1997). « Multimedia learning: are we asking the right questions? », *Educational Psychologist*, vol. 32, n° 1, p. 1-19.

Mayer R. E. & Moreno R. (1998). « A split-attention effect in multimedia learning: evidence from dual processing systems in working memory », *Journal of Educational Psychology*, vol. 90, n° 2, p. 312-320.

Mayer R. E., Moreno R., Boire M. & Vagge S. (1999). « Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load », *Journal of Educational Psychology*, vol. 91, n° 4, p. 638-643.

Miller G. A. (1956). « The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information », *Psychological Review*, vol. 63, p. 81-97.

Milner B. (1971). « Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man », *British Medical Bulletin*, vol. 27, p. 272-277.

Moreno R. & Mayer R. E. (1999a). « A coherence effect in multimedia learning: the case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages », *Journal of Educational Psychology*, vol. 92, n° 1, p. 117-125.

Moreno R. & Mayer R. E. (1999b). « Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity », *Journal of Educational Psychology*, vol. 91, n° 2, p. 358-368.

Schnotz W., Böckheler J. & Grzondziel H. (1999). « Individual and co-operative learning with interactive animated pictures », *European Journal of Psychology of Education*, vol. 14, n° 2, p. 245-265.

Sweller J., Van Merrienboer J. J., & Paas F. G. (1998). « Cognitive architecture and instructional design », *Educational Psychology Review*, vol. 10, n° 3, p. 251-296.