

Concevoir des documents multimédias pour améliorer la compréhension

Eric Jamet

Laboratoire de Psychologie Expérimentale -CRPCC

Université de Rennes 2

Place du recteur H. Le Moal

35043 Rennes Cedex

France

Eric.jamet@uhb.fr

Jamet, E. (2007) Concevoir des documents multimédias pour favoriser la compréhension. In J-F. Rouet, B. Germain, & I. Mazel (Eds), *Lecture et technologie numériques*. SCEREN/CNDP.

Résumé¹

Comprendre un document multimédia est une activité complexe nécessitant souvent d'intégrer des sources variées d'informations : texte, illustrations ou commentaires sonores par exemple. Cette variété de sources peut constituer une aide mais peut aussi compromettre la compréhension si un minimum de précaution n'est pas pris au moment de la conception du document. Parmi ces précautions, celles concernant la mise en forme matérielle sont très importantes. Ce sont ces effets de formats de présentation de l'information pédagogique qui seront développés ici en insistant sur leurs effets en termes d'apprentissage et de compréhension.

¹ *Une partie de ce texte a été publié dans les Actes de la conférence Ergo IA 2002 « L'homme et les nouvelles technologies de l'information et de la communication : usages et usagers. Biarritz. Octobre 2002.*

La compréhension des documents numériques n'est pas aussi aisée que l'on a bien voulu le croire pendant des années (voir chapitre 1). La présentation du texte à l'écran, sa structure ou les polices utilisées sont primordiales. Si le chapitre précédent se centrait sur le texte, il n'en demeure pas moins que ce média est rarement isolé dans les documents pédagogiques, qu'ils soient numériques ou non. Ce type de document est souvent multimédia (par exemple un texte ou une image) ou multimodal (utilisant des modalités sensorielles variées, le plus souvent visuelle et/ou orale). La question est donc de savoir si ce type de présentation de l'information est susceptible d'améliorer ou non la compréhension du texte. La réponse dépend, bien sûr, de la quantité d'informations fournies, de leur qualité, mais aussi de la manière dont elles sont présentées. Cette dernière caractéristique souligne l'importance du « design pédagogique » du document. Autrement dit, la question est de savoir s'il est présenté de manière à permettre une compréhension optimale de son contenu. Ce type d'interrogation concerne bien évidemment les concepteurs de documents professionnels mais aussi, tout enseignant lorsqu'il va choisir un document plutôt qu'un autre, modifier certains documents existants, construire un diaporama ou définir la situation pédagogique d'utilisation de ces documents.

Les travaux scientifiques qui seront présentés ici issus majoritairement du champ de psychologie cognitive et ergonomique. En s'appuyant sur les connaissances accumulées sur le fonctionnement du système cognitif, ils ont pour objectif une meilleure compréhension des interactions entre le fonctionnement de ce système et la manière dont l'information est présentée. Il en est ainsi, par exemple, des illustrations, qui seront bénéfiques si certains critères sont respectés. Il en est de même de la modalité sensorielle de présentation choisie, plus ou moins efficace en fonction, par exemple, de la présence d'une illustration. Ces travaux prennent toute leur importance avec les avancées technologiques. Les documents pédagogiques électroniques sont de plus en plus nombreux permettant ainsi l'utilisation d'illustrations dynamiques ou de d'explications sonores par exemple.

Dans un ouvrage publié en 2001, Richard Mayer a proposé un certain nombre de principes (voir tableau ci-dessous) à respecter dans l'élaboration de documents explicatifs multimédias. Ces principes serviront de trame à cette présentation qui sera complétée par des travaux plus récents.

Tableau 1 : liste des effets développés dans le chapitre, adapté d'après Mayer, 2001

principe	Effet sur l'apprentissage et la compréhension
Effet multimédia	Effet positif de la présence d'illustrations explicatives liées au texte
Effet de contiguïté spatiale	Effet positif de la proximité physique des sources d'informations visuelles
Effet de modalité	Effets (positifs ou négatifs) de l'utilisation de la modalité orale et/ou écrite
Effet de contiguïté temporelle	Effet positif de la proximité temporelle des sources d'informations visuelles et orales
Effet de cohérence	Effet positif de la suppression d'informations non pertinentes pour l'apprentissage (détails, musique, etc.)
Effet de redondance	Effets (positifs ou négatifs) de la duplication d'informations
Effet de signalement	Effet positif de la mise en saillance des informations importantes
Effet des différences interindividuelles	Les effets évoqués précédemment sont liés à des aptitudes qui varient d'un individu à l'autre.

1. QUELQUES RAPPELS SUR LE FONCTIONNEMENT COGNITIF.

Sans entrer dans le détail du fonctionnement cognitif impliqué par l'utilisation de documents pédagogiques, nous présentons ici quelques principes de base. La compréhension et l'utilisation de ces documents impliquent souvent le traitement d'informations de sources variées (texte, illustrations, glossaires, etc.). L'emploi de ces

informations nécessite leur traitement perceptif et sémantique individuel mais aussi leur intégration dans des représentations de plus haut niveau. Les premiers traitements réalisés dans des mémoires sensorielles. Il s'agit de mémoires auditives ou visuelles qui vont permettre un stockage très ponctuel de l'information, de l'ordre de quelques centaines de millisecondes. Ces informations vont ensuite être stockées de manière temporaire dans la mémoire de travail. L'un des rôles de ce système de mémoire est la gestion des interactions entre les multiples informations fournies par le document et les connaissances stockées dans la mémoire à long terme de l'utilisateur. Le modèle le plus classique de cette mémoire (Baddeley, 1986) propose une distinction entre un système phonologique permettant de stocker temporairement les informations verbales, un système visuel où seront traitées ponctuellement des informations écrites ou illustrées par exemple, et un système de gestion des ressources de cette mémoire. Ses principales caractéristiques sont un oubli rapide et une capacité limitée. Les ressources dont elle dispose doivent donc être partagées entre :

- Les informations qui sont en cours de traitement dans le document,
- Celles qui ont été traitées un peu plus tôt mais dont le maintien est nécessaire pour la compréhension de la situation,
- Les connaissances stockées en mémoire à long terme activées par ce qui est traité dans le document,
- Et enfin les traitements à effectuer pour apprendre et comprendre le document.

L'utilisation d'un document impose en effet de multiples opérations cognitives : reconnaissance dans le lexique des mots lus ou entendus, reconnaissance des objets illustrés, activation des connaissances, sélection et stockage en mémoire des éléments pertinents de chacune des sources, intégration de ces différentes opérations dans une même représentation, intégration avec les connaissances préalables du lecteur (auditeur), compréhension des informations implicites dans le document. Cette liste non exhaustive illustre la complexité du processus et le poids que peuvent représenter certains de ces traitements sur la mémoire de travail.

La question que l'on doit se poser concerne maintenant le document lui-même. La nature des informations utilisées, leur modalité de présentation ou leur emplacement sont-ils susceptibles de provoquer une charge supplémentaire sur la mémoire de travail ? C'est cette thèse que défendent beaucoup de chercheurs

spécialistes du domaine. Les démonstrations sont nombreuses et nous n'en retiendrons que quelques unes avec un objectif : tenter de présenter des travaux dont les retombées nous semblent intéressantes pour de la conception et l'utilisation de documents pédagogiques.

2. L'EFFET DU MULTIMEDIA

Cet effet est relatif aux contributions des illustrations à la mémorisation et la compréhension de textes. La première remarque concerne le type d'illustrations discuté ici : les conclusions que nous formulerons concernent exclusivement les illustrations explicatives et non des fonctions de décoration ou de représentation de l'illustration.

Deux types d'illustrations explicatives peuvent être distingués. Les premières sont statiques et sont constituées d'une ou plusieurs images illustrant par exemple le fonctionnement d'un système ou une série de procédures. Le second type d'illustration est dit dynamique. Il s'agit de ce que l'on nomme classiquement des animations. Ces illustrations seront l'objet du chapitre suivant et ne seront pas abordées ici.

Les apports des illustrations statiques à la compréhension de documents sont maintenant relativement bien connus (Gyselinck, 1996). Dans ce type de travaux, un document constitué d'une explication orale ou écrite illustrée est comparé à un document constitué d'une explication verbale seule. Les effets observés sont de deux types. Ils concernent tout d'abord l'amélioration du rappel des éléments illustrés. Dès les années soixante, les études ont montré que les textes illustrés étaient mieux mémorisés que ceux présentés sans illustrations. Un travail de recensement de toutes les études publiées jusqu'en 1982 (Levie & Lentz) à ce sujet montrent que pour 85 % d'entre elles, la supériorité du texte illustré est démontrée. L'effet moyen est de 36% de bénéfice par rapport à la condition non illustrée. Ces études concernent majoritairement des textes narratifs accompagnés ou non d'illustration et proposés à des enfants. Les effets des illustrations mesurés ici concernent les éléments du texte répétés dans l'image. Il ne s'agit donc pas d'un effet global de motivation lié à l'image qui se traduirait par une augmentation globale de la performance.

Le second type d'effet positif observé concerne plus spécifiquement la compréhension. Celle-ci est généralement évaluée par des questions ou des problèmes relatifs à l'implicite du document. Il s'agit de comprendre par exemple les motivations

du comportement d'un personnage alors qu'elles ne sont pas décrites explicitement dans le document, ou d'inférer la cause d'une panne pour un document explicatif.

La présence d'une illustration permet une amélioration du taux de bonnes réponses à des questions de ce type. Ce type de résultat a été mis en évidence, notamment pour des adultes, avec des documents variés (système de freinage, pompe ou formation des éclairs (Mayer, 2001), pression des gaz ou électricité statique (Gyselinck, 1996). Les études testant des hypothèses similaires pour des enfants sont néanmoins beaucoup plus rares.

L'explication généralement proposée pour ces effets de l'illustration sur la compréhension est relative aux représentations élaborées pendant la compréhension de texte. Le traitement d'un document passe par l'élaboration de représentations symboliques propres au langage de différentes natures. Certaines, généralement éphémères, sont constitués des éléments linguistiques du document, d'autres concernent son contenu sémantique. Ces dernières sont plus ou moins élaborées en fonction des processus mis en place par le lecteur: hiérarchisation des informations, condensations d'informations proches, oubli d'informations non pertinentes, etc. Dans les modèles plus récents de la compréhension, il est généralement admis qu'un dernier niveau de représentation est élaboré. Ce niveau, nommé *modèle mental* ou *modèle de situation*, a une structure analogique au monde réel. Il peut, par exemple, prendre la forme d'images mentales sans pour autant s'y réduire. C'est à ce niveau que l'interaction entre les connaissances fournies par le texte et celles du lecteur vont permettre l'élaboration d'inférences. La qualité de ce type de processus dépend donc des connaissances elles mêmes. Ainsi, chez les novices, le raisonnement inférentiel est de moins bonne qualité que chez des experts alors que ces deux groupes ne se distinguent pas lorsqu'ils sont évalués sur les informations explicites du texte (Tardieu, Ehrlich, & Gyselinck, 1992). La structure analogique de ce dernier niveau de représentation fait évidemment penser à la nature des illustrations. On peut donc légitimement faire l'hypothèse que les illustrations peuvent permettre une élaboration plus efficace du modèle mental. Cette proposition semble validée par l'effet positif des illustrations sur la réalisation d'inférences.

Les conclusions relatives à la présence d'illustrations statiques sont donc globalement positives. Il n'en demeure pas moins que cette conclusion générale peut être invalidée si un certain nombre de précautions ne sont pas prises au moment de la conception :

-**L'efficacité d'une illustration dépend tout d'abord de la présence d'informations verbales complémentaires.** Des difficultés peuvent naître de l'absence de référents verbaux en mémoire lorsqu'ils ne sont pas présentés explicitement sur le document par un système de légende ou de texte explicatif. Une illustration sans explication verbale est souvent peu efficace, voire inutile. A titre d'exemple, une barre d'icônes dans un logiciel de courrier électronique est moins efficace si elle est constituée d'icônes seuls plutôt que d'icônes accompagnés d'une légende (Wiedenbeck, 1999). Ces effets se traduisent notamment en début d'apprentissage par des échecs plus importants, des temps de réalisation plus longs et des recours à l'aide plus nombreux.

-Une autre raison de l'inefficacité observée de certaines illustrations **est la difficulté d'intégration des informations fournies par l'illustration avec les autres informations du document**, notamment le texte, ou avec les propres connaissances du lecteur. Ces difficultés peuvent avoir pour source une densité d'informations illustrées qui complique la mise en relation du texte avec les éléments du schéma. Cette élaboration de liens référentiels entre sources d'informations dans les documents multimédias est primordiale. Tout ce qui pourra la faciliter aura des effets positifs sur l'efficacité du document (voir principe de contiguïté spatiale).

-**L'une des conditions d'efficacité des illustrations est qu'elles soient réellement traitées par le lecteur.** Ceci peut paraître trivial mais il n'est pas rare que des illustrations soient considérées comme non informative par le lecteur et quasiment ignorées. Hannus et Hyönä (1999) ont ainsi étudié ces mouvements oculaires pendant l'apprentissage d'un document de biologie composé de textes et d'illustrations chez des enfants de 10 ans. Le temps de fixation de l'illustration correspondait à 6% du temps total, ce qui souligne des stratégies d'utilisation privilégiée du texte dans ce contexte. De plus, les fixations oculaires sur les parties pertinentes de l'illustration étaient liées à certaines aptitudes intellectuelles, les enfants les plus faibles de ce point de vue fixant plus souvent des zones non pertinentes du document. Encore une fois, la mise en relation du texte en cours de lecture et de l'élément pertinent du schéma semble être un processus qui ne va pas de soi et qu'il faudra tenter de faciliter autant que faire se peut. Nous reviendrons sur ce point dans les principes suivants.

Pour revenir à l'efficacité des illustrations, notre propos ne vaut que pour des illustrations dont la vocation est d'expliquer et non de décorer. On sait, en effet, qu'il existe une variété d'illustrations qui ont un objectif décoratif (les cadres, les banderoles, les personnages humoristiques sur certains sites) alors que d'autres ont une finalité pédagogique (les cartes, certaines photos, les schémas). Les premières n'ont fait l'objet que de très peu d'études en termes d'apprentissage. Un de leur rôle

possible est indirect. Elles permettraient, par leur fonction décorative de provoquer un intérêt plus important et donc des retours à l'activité d'apprentissage plus nombreux. Le risque inverse est notre avis tout aussi présent. Ces effets décoratifs font courir le risque de noyer l'information pertinente dans une foule d'informations qui ne l'est pas (voir effet de cohérence). Les sites et les cédéroms les plus réussis du point de vue esthétique sont parfois bien loin d'être les plus efficaces.

3. EFFET DE CONTIGUITE SPATIALE

L'effet de contiguïté spatiale s'appuie sur la capacité limitée de traitement de la mémoire de travail, et plus exactement du sous-système visuel de cette mémoire. L'utilisation de sources d'informations visuelles multiples (texte et illustration par exemple) peut entraîner un effet de partage de l'attention visuelle gênant pour l'apprentissage (Chandler & Sweller, 1991). On peut aussi faire l'hypothèse que la lecture d'un texte illustré doit être constamment interrompue pour aller chercher dans le schéma l'élément correspondant. Ces allers et retours peuvent être suffisamment longs pour qu'une partie des éléments du texte soient beaucoup moins actifs en mémoire de travail, voire tout simplement oubliés. Le rapprochement physique de ces sources d'informations visuelles devrait permettre de limiter ces effets en facilitant la mise en relations des éléments textuels et illustrés et en diminuant le temps de recherche. De fait, l'intégration spatiale des éléments textuels et illustrés permet une utilisation plus efficace du document dans des domaines variés : apprentissage de notions d'anatomie (voir figure suivante), de géométrie, d'électricité, ou d'informatique (Jamet, 2000; Sweller, 1999, pour une revue)

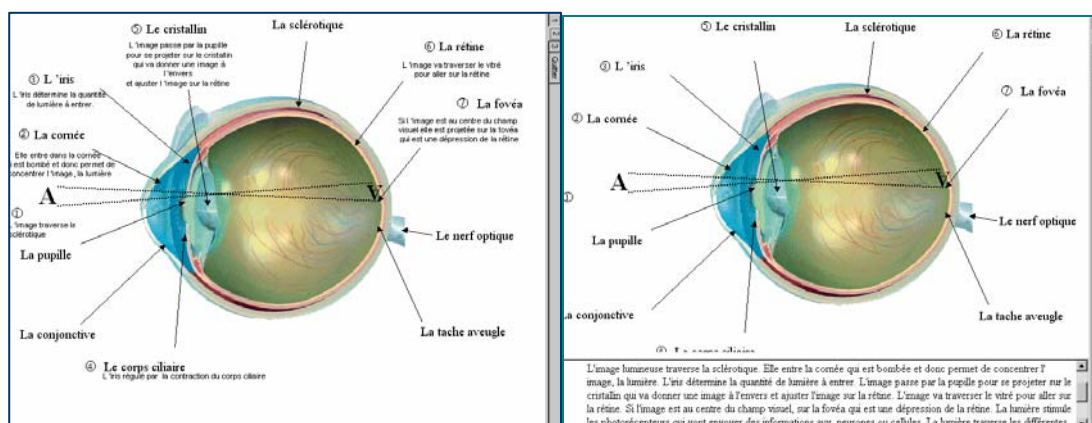


Figure 1 : Version intégrée et séparée des schémas, d'après Jamet (2000)

Si l'intégration texte-illustration a généralement des effets bénéfiques, elle a cependant un certain nombre de limites : l'aspect esthétique du document est souvent très critiquable ; la quantité d'information textuelle est très limitée et l'on contraint le lecteur à lire toutes les informations textuelles même s'elles ne lui sont pas nécessaires.

L'une des solutions à ce problème viendra peut-être du développement dans les documents électroniques des pop-up. Ces fenêtres ponctuelles apparaissent à la suite d'un clic ou d'un passage de la souris sur un lien hypertexte à l'endroit où était positionné le curseur. Il s'agit donc d'une forme d'intégration spatiale qui n'est pas soumise aux mêmes limites que l'intégration spatiale classique. Ainsi, l'étude réalisée par Bétrancourt et Bisseret (1998) démontre les avantages en terme d'apprentissage de cette forme d'intégration. Dans cette expérience, des schémas sur le fonctionnement d'un système d'évacuation des fumées sont proposés en version intégrée ou non. La qualité du rappel est supérieure pour les fenêtres ponctuelles. Les études sont ici peu nombreuses, mais l'utilisation de ces fenêtres ponctuelles semble tout à fait prometteuse.

4. **EFFET DE MODALITE**

Nous avons constaté que l'intégration spatiale était une solution intéressante pour pallier la difficulté de traitement de sources d'informations multiples visuelles. Les documents électroniques offrent une autre possibilité, celle de l'utilisation du canal auditif pour présenter certaines des informations. Cette utilisation optimisée des modes d'entrées du système cognitif devrait permettre une meilleure répartition des ressources cognitives et permettre un traitement plus synchrone des deux sources d'informations. Ainsi, les comparaisons de documents comportant une série d'informations écrites accompagnant un schéma à une version des documents où les informations explicatives du schéma sont proposées à l'oral montrent une supériorité des documents audiovisuels.

L'effet est par exemple observé pour des documents de type schémas électriques destinés à des apprentis (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997) Dans une série d'expériences très intéressantes, cette équipe a comparé l'apprentissage de schémas électriques accompagnés d'un commentaire lu ou entendu. Lorsque la tâche

d'apprentissage est simple, par exemple apprendre des symboles électriques correspondants à des éléments, aucune différence en terme d'apprentissage n'est observée entre les deux conditions de présentation du texte. En revanche, lorsque ces personnes, de jeunes apprentis en électricité, doivent comprendre un schéma électrique complexe, le fait d'entendre le document amène à une bien meilleure performance. Selon les auteurs de cette étude, ces résultats s'expliquent par le fait que si l'on présente un schéma complexe accompagné d'un texte, les lecteurs doivent partager leur attention entre ces deux sources d'informations visuelles. Les allers et retours continuels nécessités par les références mutuelles de ces deux sources rendent l'apprentissage plus difficile. Le fait d'entendre le texte permet ici d'éviter ce partage de l'attention visuelle. Ces résultats ont été largement répliqués dans des domaines variés. Dans une synthèse publiée en 2005, Ginns compare les résultats de plusieurs dizaines d'études sur le sujet. Il apparaît clairement que cet effet de modalité est particulièrement fort pour des documents complexes et lorsque les apprenants ne maîtrisent pas le rythme de présentation de l'information orale, comme dans les cours magistraux ou certains documents électroniques. Lorsqu'ils maîtrisent ce rythme dans des systèmes permettant des pauses ou des retours en arrière, les effets disparaissent ou même s'inversent pour des documents longs! Globalement, **il est donc possible de recommander l'usage de l'oral plutôt que de l'écrit pour expliquer un schéma complexe dans des situations où l'apprenant n'a pas la possibilité de contrôler le rythme de l'explication.**

Les effets de modalité précédemment cités concernent des documents illustrés. Il ne faut pas généraliser ces recommandations à des documents non illustrés. En effet, **la mémorisation de textes longs de ce type est souvent meilleure lorsqu'ils ont été lus**, notamment en fonction du contrôle qu'exerce le lecteur sur sa prise d'informations : possibilité de ralentir, de faire des retours en arrière par exemple (Jamet, 1998). **Pour des instructions courtes, la modalité orale peut être recommandée pour une utilisation immédiate des informations.** Cette modalité a aussi l'avantage de permettre un traitement sensoriel n'exigeant pas que l'utilisateur fixe son attention au préalable sur la source d'information comme en modalité visuelle.

En termes de recommandations, il est donc préférable d'utiliser des informations verbales orales pour accompagner d'autres sources visuelles ou pour utiliser une information verbale seule immédiatement. La modalité écrite sera préférable pour des textes longs, ou quand, plus simplement, l'environnement sonore créé par le document ou son environnement compromet toute utilisation efficace de

l'oral. Ces recommandations sont bien évidemment générales et de multiples situations spécifiques impliquent de les moduler : utilisateurs faiblement lettrés ou jeunes, handicap sensoriel, environnement sonore bruyant, etc.

5. EFFET DE CONTIGUÏTE TEMPORELLE

Comprendre un document illustré implique d'élaborer des liens entre les informations issues de l'illustration et les informations textuelles correspondantes. Cette élaboration est réalisée en mémoire de travail et sa qualité dépend entre autres de la présence simultanée dans cette mémoire de travail des différentes sources d'informations. Les caractéristiques de cette mémoire sont connues : capacité limitée de traitement et caractère temporaire du stockage des informations. Comme nous l'avons dit, ces caractéristiques impliquent que des informations ont une probabilité importante de ne plus être actives en mémoire quelques secondes après leur traitement. Si les informations d'un schéma et d'un texte doivent être intégrées mentalement, la probabilité de leur co-activation en mémoire de travail sera plus forte si elles sont présentées et traitées simultanément dans le document.

Plusieurs expériences réalisées au début des années 80 ont testé cette hypothèse en présentant de manière synchrone ou successive des éléments visuels et leurs commentaires sonores (Baggett, 1984). Plus récemment, c'est l'équipe de Mayer qui a reproduit cet effet en utilisant des animations multimédias (Moreno & Mayer, 1999). **Elles démontrent toutes la supériorité d'une présentation simultanée des informations visuelles et orales.**

Dans une série d'études récentes s'appuyant sur cet effet, nous avons tenté de l'optimiser dans une situation de présentation synchrone d'éléments explicatifs illustrés et oraux (Jamet, sous presse). Lorsque dans un document pédagogique, un commentaire oral est présenté simultanément à une illustration, on peut légitimement penser que cette présentation permet un traitement contigu des deux sources. Toutefois, la recherche des éléments illustrés correspondant au discours peut être néanmoins suffisamment longue dans un schéma complexe pour que le traitement des deux sources soit asynchrone. Si les éléments du graphique sont présentés séquentiellement au moment où ils sont évoqués à l'oral, cette mise en correspondance devrait être facilitée. Nous avons testé cette hypothèse en comparant des versions séquentielles à des versions statiques de schémas explicatifs (voir figure 2)

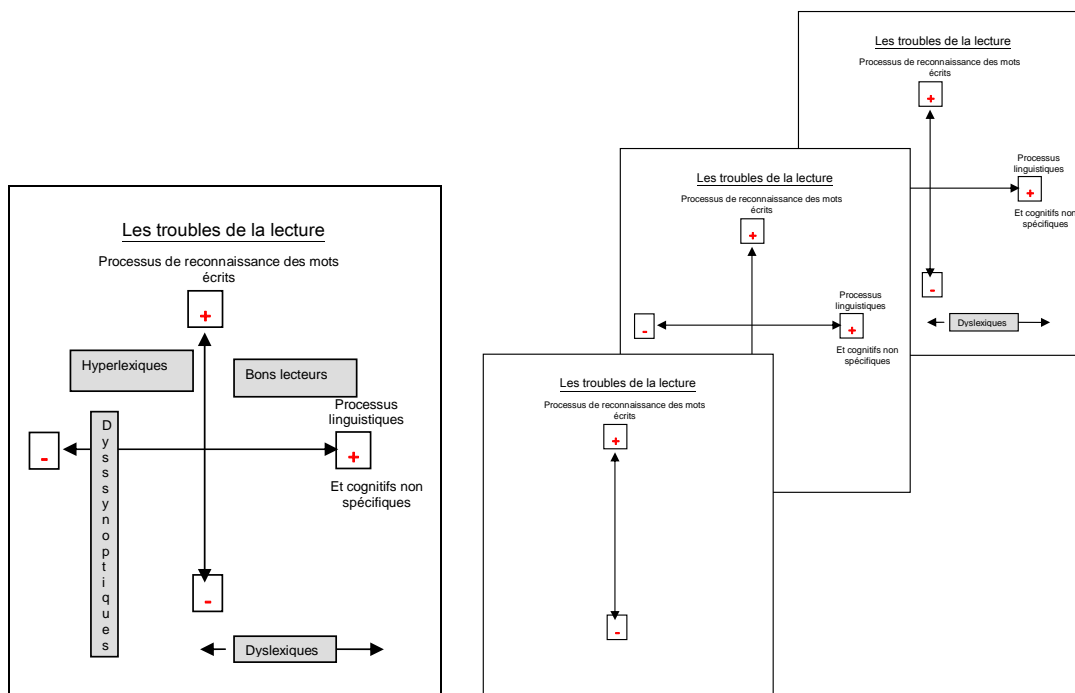


Figure 2 : versions statique et séquentielle des schémas, adapté d'après Jamet (A paraître)

Les résultats que nous observons confirment nos hypothèses en démontrant la supériorité du format séquentiel tant au niveau de la mémorisation des éléments du document que de la réalisation d'inférences. Cette méthode de présentation a un double avantage. Elle permet à la fois de repérer facilement l'élément évoqué dans l'explication orale, mais aussi d'introduire les informations progressivement dans le cours évitant ainsi de surcharger l'élève d'informations dès le premier écran.

Pour conclure sur cet effet, **on peut donc recommander de proposer les éléments oraux simultanément aux différents graphiques** et de faciliter ce traitement contigu en **mettant en saillance l'élément visuel au moment où il est évoqué dans l'explication.**

6. EFFETS DE REDONDANCE

Les effets de redondance sont relativement variés (Le Bohec & Jamet, 2005). Ils peuvent avoir deux origines : la répétition d'informations dans le document ou

l'inutilité, voire le caractère gênant de certaines informations parce qu'elles sont connues de l'utilisateur.

La répétition d'informations sous différentes formes est généralement bénéfique pour l'apprentissage. Cette duplication des informations peut malheureusement avoir des effets négatifs si elle entraîne une surcharge en mémoire de travail. Une étude de l'équipe de John Sweller a ainsi montré que la suppression de certaines légendes redondantes avec les flèches d'un schéma permettait une amélioration des performances (Sweller & Chandler, 1994). La même équipe a pu montrer que le fait de dupliquer à l'écrit un commentaire oral accompagnant un schéma avait des effets négatifs (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2000). Le même type d'effet a été mis en évidence pour des animations multimédias : l'ajout à l'écrit du commentaire oral entraîne une baisse des performances (Moreno & Mayer, 2002).

Un effet similaire a été mis en évidence dans une étude que nous venons de réaliser sur des diaporamas informatisés qui ont été utilisée lors de cours d'introduction à la gestion pour des étudiants de première année (Le Bohec & Jamet, in press). Ce type d'outil combine des explications orales à des informations écrites sur l'écran. Le document proposé comportait donc des tableaux comptables associés à une explication orale (voir figure 3). Dans les différents groupes, les informations écrites peuvent être identiques au commentaire oral (redondance totale), soit résumées (redondance partielle), soit absentes (redondance nulle).

1) La phase de financement initial.		2) La phase de financement initial.		3) La phase de financement initial.																																					
<p>RELAN en 1^{er} février 2004</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIF</th> <th>PASSIF</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>CAPITAL</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>BANQUE</td> <td>EMPRUNTS</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>Total</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table> <p>redondance nulle</p>		ACTIF	PASSIF			CAPITAL	200	BANQUE	EMPRUNTS	50	Total	Total	300	<p>RELAN en 1^{er} février 2004</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIF</th> <th>PASSIF</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>CAPITAL</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>BANQUE</td> <td>EMPRUNTS</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>Total</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table> <p>redondance faible</p>		ACTIF	PASSIF			CAPITAL	200	BANQUE	EMPRUNTS	50	Total	Total	300	<p>RELAN en 1^{er} février 2004</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ACTIF</th> <th>PASSIF</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>CAPITAL</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>BANQUE</td> <td>EMPRUNTS</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>Total</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table> <p>redondance totale</p>		ACTIF	PASSIF			CAPITAL	200	BANQUE	EMPRUNTS	50	Total	Total	300
ACTIF	PASSIF																																								
	CAPITAL	200																																							
BANQUE	EMPRUNTS	50																																							
Total	Total	300																																							
ACTIF	PASSIF																																								
	CAPITAL	200																																							
BANQUE	EMPRUNTS	50																																							
Total	Total	300																																							
ACTIF	PASSIF																																								
	CAPITAL	200																																							
BANQUE	EMPRUNTS	50																																							
Total	Total	300																																							
<ul style="list-style-type: none"> • Banque • Dans le tableau ci-dessus et complété avec les données ci-dessous • Sa capitalisation • Capital : apports des associés • Dettes : dépôt en banque • Distributions versées au 31/12/03 		<ul style="list-style-type: none"> • A ce stade, il s'agit d'un bilan de bilan sans aucune explication • Dans le tableau ci-dessus, l'utilisation des cases vides et le capital ne sont pas indiqués à l'exception que dans ce tableau. Dans le tableau ci-dessus, on ne voit pas les données. • En revanche, pour les emprunts, le capital correspond aux fonds apportés par les associés et les emprunts correspondent aux fonds déposés en banque. • Ce sont deux données différentes. Vérifiez-le sur le tableau. 																																							

Figure 3 : versions du document utilisé dans l'étude de Le Bohec et Jamet (A paraître)

Il apparaît que l'utilisation d'une redondance totale entre ce qui est dit et ce qui est écrit est moins efficace que l'utilisation d'une redondance nulle ou partielle. Ce

dernier format, sans être plus efficace que le précédent est jugé plus positivement par les étudiants que la redondance nulle.

En redondance totale, c'est probablement la surcharge liée au traitement de l'écrit et du tableau dans un temps de traitement imposé par l'oral qui explique cet effet. Il faut donc rester prudent quant à une généralisation de ces résultats à une situation où l'utilisateur maîtriserait le rythme de présentation de chaque phrase dans un système plus interactif. Il ne faut donc pas en conclure que la suppression systématique de l'écrit accompagnant une explication orale aura des effets positifs. Par exemple, une étude américaine démontre la possibilité d'obtenir des effets positifs de la redondance orale écrite lorsque le document n'est pas illustré (Moreno & Mayer, 2002). Ce type de présentation redondante doit faire l'objet de nouvelles analyses, mais il est déjà clair au regard des résultats existants **qu'il semble préférable d'éviter de présenter simultanément un commentaire oral et écrit pour des documents complexes impliquant notamment des illustrations.**

La redondance est bien sûr liée aussi au degré de connaissances de l'utilisateur. Une information peut devenir inutile du simple fait qu'elle est connue et donc cette fois redondante avec les savoirs de l'individu. Une expérience récente réalisée par une équipe australienne illustre les deux types de redondance que nous venons de citer (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2000).

Des apprentis sont confrontés à un document multimédia portant par exemple sur la démarche à suivre dans une procédure de perçage des métaux. Les instructions à suivre sont présentées à côté d'un diagramme associant le diamètre du foret, la vitesse de rotation de la perceuse et la nature des métaux. Les instructions peuvent être absentes, écrites, orales ou présentées dans ces deux modalités simultanément. L'apprentissage du document est évalué une première fois, puis une seconde après une phase d'entraînement. Lors de la première évaluation, le format associant le diagramme à des instructions orales est le plus efficace. Ceci est conforme à l'effet de modalité évoqué plus en avant. Conformément à ce que nous avons exposé, le format redondant est moins efficace (effet de redondance). Le format le moins approprié est le diagramme sans illustration, ce qui confirme la nécessité pour les novices d'explications textuelles associés aux schémas (cf. partie effet multimédia). Lors de la seconde évaluation, ce diagramme sans instruction est aussi efficace que la version diagramme plus explication orale. La croissance des connaissances des apprentis pendant la phase d'apprentissage leur a permis de se passer de ces instructions cette

fois redondantes avec leurs connaissances. Au final, ce document qui était le moins efficace en début d'apprentissage s'avère être le plus intéressant dans la seconde phase, non seulement parce qu'il permet des performances relativement bonnes, mais aussi parce qu'il a été traité beaucoup plus rapidement que les autres documents pendant cette phase d'apprentissage.

7. EFFET DE COHERENCE

Trop d'information tue l'information. Cette affirmation pourrait résumer cet effet. **Le traitement d'informations non pertinentes pour la compréhension, des détails, des anecdotes, des sons est en effet susceptible d'entraîner une utilisation moins efficace du document.** Les travaux de Mayer illustre par exemple l'effet négatif de détails ajoutés dans le but de provoquer l'intérêt de l'auditeur, par exemple, les statistiques d'accident dans une animation explicative sur la foudre (Mayer, Heiser, & Lonn, 2001). Ils démontrent aussi les effets positifs de la concision sur le rappel d'un texte explicatif (Mayer, Bove, Bryman, Mars, & Tapangco, 1996).

D'autres études démontrent des performances moindres lorsque l'apprentissage est réalisé dans un environnement sonore. Le traitement irrépressible d'un fond sonore vocal non pertinent (chansons, discussions) par la mémoire de travail perturbe par exemple le rappel dans l'ordre d'éléments ou la compréhension de phrases (Tremblay & Nicholls, 2000) et ce même si la source principale d'informations est écrite. Il existe dans cette interférence une composante phonologique - des sons non-linguistiques ne sont pas gênants - mais aussi sémantique. Un environnement vocal issu d'une langue étrangère est moins interférant qu'un fond sonore de la langue maternelle (Martin, Wogalter, & Forlano, 1988). Ces résultats prennent toute leur importance à l'heure où les techniques de compression sonore permettent la sonorisation de nombreux documents électroniques. Ainsi, dans une étude où le matériel pédagogique était constitué d'animations sur le fonctionnement des orages ou des freins, l'ajout d'environnements sonores (musique, bruitages) a entraîné des baisses de performances (Moreno & Mayer, 2000). On ne peut donc qu'inciter à la prudence les concepteurs de documents dont l'objectif serait la compréhension ou la mémorisation. En revanche, rien ne permet à l'heure actuelle de faire des conclusions similaires pour une utilisation différente : recherche d'information ou navigation dans un site par exemple.

8. EFFET DE SIGNALEMENT

Pendant l'activité de compréhension, une part non négligeable des difficultés éprouvées par certains lecteurs provient des problèmes rencontrés pour dégager les informations importantes d'un texte. Il peut donc s'avérer utile de signaler aux lecteurs les informations importantes par des titres ou des mises en saillance (gras, soulignement par exemple).

En comparant des textes simples à des textes où des informations sont signalées, Lorch et ses collaborateurs (Lorch, Lorch, & Inman, 1993) ont observé un meilleur rappel des « thèmes » mais un rappel plus pauvre des informations dans chaque thème dans la condition avec aides. D'autres résultats proposés par Lorch et Lorch en 1996 complètent les précédents. Dans une première expérience, un texte simple sur les sources d'énergie est proposé à des étudiants. Il est composé d'une introduction suivie par 6 sources possibles. Dans la version avec mise en évidence, les 6 sources sont présentées à la fin de l'introduction, chaque partie est précédée d'un titre et un résumé termine le document. Après une phase d'apprentissage, une épreuve de rappel libre du texte est proposée. Aucun effet de la mise en forme du texte n'est observé. L'hypothèse des auteurs est que la simplicité du texte utilisé explique cette absence d'effet.

Dans la seconde expérience, le texte plus complexe sur les sources d'énergie est élaboré. Cette fois, il est composé d'une introduction suivie par six problèmes liés aux énergies actuelles et six sources alternatives. Deux effets des mises en saillance sont alors observés. Tout d'abord, les thèmes de chaque paragraphe sont mieux mémorisés et l'ordre du rappel est plus conforme au texte original.

Dans une autre étude réalisée par Jean-Pierre Rossi (1990), des enfants de 10 ans ont lu des textes d'astronomie. Une version simple du texte est comparée à une version où deux types de mises en évidence sont utilisés. Des titres pour chaque paragraphe sont placés avant le texte ou en marge et des phrases sont soulignées dans le texte. L'originalité de l'étude consiste à comparer deux groupes d'enfants en fonction de leur niveau de compréhension. Les résultats observés sont différents pour ces deux groupes : aucun effet des titres n'est observé pour les élèves possédant un bon niveau de compréhension qui parviennent sans aide à dégager les thèmes. En revanche, le repérage de la macrostructure peut être amélioré. Pour les mauvais « compreneurs », toutes les aides sont aussi efficaces.

Il apparaît donc que la mise en saillance des informations importantes d'un texte a des effets bénéfiques sur la mémorisation. Ces effets peuvent être qualitatifs

(l'ordre du rappel est plus conforme au texte original) ou quantitatifs (les informations signalées sont mieux rappelées). Enfin, ils semblent être observés plutôt pour des textes complexes et/ou des lecteurs éprouvant des difficultés de compréhension

9. EFFET DES DIFFERENCES ENTRE INDIVIDUS

Les résultats exposés jusqu'à présent ont été présentés sans prendre en compte la variabilité interindividuelle liée à toutes les aptitudes cognitives. Il est évident que ces différences entre individus vont moduler les effets de formats de présentation.

Par exemple, pour comprendre un système mécanique présenté sur un schéma, il est souvent nécessaire de l'animer mentalement. Deux chercheurs de l'université de Santa Barbara (Hegarty & Sims, 1994) ont montré que la qualité de cette animation mentale dépendait fortement des aptitudes visuospatiales des individus. Ces mêmes aptitudes semblent prédire aussi les bénéfices de l'effet de contiguïté temporelle que nous avons déjà évoqué. Mayer et Sims (Mayer & Sims, 1994) ont ainsi démontré que les bénéfices de présentation simultanée d'une animation et de son explication sont nettement plus importants pour les individus les plus efficaces dans les épreuves visuospatiales.

Des différences importantes apparaissent aussi dans le niveau de connaissances préalables des utilisateurs de documents techniques. Les effets de formats de présentation seront liés à ces connaissances. Tout d'abord, ces effets sont souvent observés chez des novices. Il en est ainsi des effets positifs de l'illustration (Mayer & Anderson, 1992) ; de l'intégration texte-image (Jamet, 2000) ou des effets de modalité (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1998) qui disparaissent souvent avec l'expertise. L'une des conséquences de l'expertise est l'élaboration en mémoire de schémas. Ces structures d'organisation de l'information (par exemple les étapes d'une procédure manuelle ou d'une résolution de problème) peuvent être facilement évoquées par l'expert avec un coût en mémoire de travail très faible. Chez un novice, la surcharge que peut provoquer l'activation d'informations multiples en mémoire de travail est aggravée par un mauvais format de présentation. Chez l'expert, l'activation de schémas en mémoire peut permettre une gestion plus aisée de ce même format. Une amélioration de ce dernier n'aura donc pas nécessairement d'effet.

De même, on sait que le raisonnement inférentiel est aussi très difficile pour le novice alors qu'il l'est beaucoup moins pour l'expert. Les illustrations qui peuvent être une aide importante pour la réalisation d'inférences auront donc un rôle primordial pour les novices uniquement. Leur effet diminuera au fur et à mesure que la qualité de ce raisonnement s'améliorera avec l'augmentation des connaissances.

10. **CONCLUSION**

Cette présentation de quelques travaux issus de la psychologie cognitive n'est pas exhaustive. Les travaux sélectionnés illustrent à notre avis la nécessité de prendre en compte les caractéristiques cognitives de l'apprenant lors de la conception et de l'usage des documents pédagogiques. Les limites de la mémoire de travail ou les effets du manque de connaissances préalables sont autant de facteurs susceptibles de compromettre la compréhension. Ils sont relativement indépendants du concepteur ou du formateur. En revanche, l'utilisation d'informations non pertinentes ou mal agencées sont des sources de difficultés qui peuvent être évitées avec des retombées directes sur la compréhension.

En guise de conclusion, nous proposons d'analyser trois types de documents pédagogiques en proposant des recommandations adaptées de conception et d'usages : les documents papiers, les documents électroniques sans contrôle de l'utilisateur (un cours oral avec un logiciel de diaporama par exemple) et les documents électroniques avec contrôle (type cours en ligne).

1 - Concernant les documents « papiers », les travaux que nous avons exposés montrent l'intérêt qu'il y a à utiliser des documents structurés où les informations importantes sont mises en saillance par des indices typographiques, des plans ou des résumés. L'usage d'illustrations explicatives peut aussi être recommandé puisque leurs effets sont prouvés en termes de mémorisation et de compréhension. Néanmoins, il faut garder à l'esprit que certaines difficultés de compréhension seront présentes à la fois pour le texte et l'illustration limitant ainsi les effets compensatoires de cette dernière.

L'élaboration des liens entre les textes et les illustrations doit être facilitée par la mise en forme matérielle : il est ainsi possible d'intégrer le texte explicatif sur l'image, d'utiliser des codes couleurs identiques dans le texte et l'illustration.

2 - Pour les documents électroniques sans contrôle de l'utilisateur, la situation la plus commune est celle de l'usage d'un vidéoprojecteur dans une classe, mais on peut aussi étendre certaines de ces recommandations à l'usage du tableau noir. L'une des spécificités de cette situation pédagogique est donc l'absence de maîtrise du rythme de présentation des informations par l'élève puisqu'il dépend de l'enseignant. Malgré tous les efforts engagés, il est impossible d'adapter ce rythme à tous les élèves.

Il s'agit donc d'une situation où la surcharge est fréquente. Pour limiter ces difficultés, un certain nombre de recommandations vont être rappelées. Elles doivent être considérées comme complémentaires des précédentes.

La première d'entre elles peut paraître triviale : la mémorisation et la compréhension implique des phases d'intégration en mémoire de travail. Elles sont situées généralement en fin de phrases. Si d'autres informations pédagogiques sont présentées pendant cette phase, le traitement de ces nouvelles informations entre en concurrence avec l'intégration en mémoire des précédentes. Il est donc primordial de faciliter ces phases d'intégration par des temps de pauses suffisants dans le discours!

Dans ce cadre, l'usage simultané de l'écrit peut être recommandé pour soutenir l'oral mais uniquement si cette information écrite est concise et si elle n'entre pas en concurrence avec le traitement d'une autre information visuelle de type schéma (effet de redondance). De même, l'oral doit être préféré à l'écrit pour expliquer les schémas présentés à l'écran.

L'usage d'informations qui ne sont pas directement nécessaires à l'apprentissage (illustrations décoratives, environnements sonores, animations inutiles d'objets, etc.) doit être très limité afin que l'information importante soit réellement saillante.

L'information visuelle doit être présentée de manière séquentielle à l'écran à la fois pour introduire les notions de manière progressive mais aussi pour faciliter sa mise en relation en mémoire avec les informations orales. L'usage de mises en saillances dynamique (clignotement ou changement de couleur) peut aussi être recommandé pour faciliter le repérage dans un schéma complexe.

3 - Lorsque l'utilisateur a la possibilité de maîtriser le rythme de présentation de l'information, dans un cours en ligne multimédia par exemple, certaines de ces difficultés peuvent être compensées par des relectures ou des réécoutes. Ceci implique donc que le document permette ces pauses et ses révisions d'informations, qu'elles soient orales ou écrites. L'information présentée doit être adaptée à la situation de consultation sans l'enseignant. Elle doit donc être structurée et plus complète que dans un diaporama. L'usage de l'écrit est dans ce cas préférable à de rares exceptions près (explication ponctuelle de schéma ou d'animations par exemple). Autrement dit, un diaporama bien conçu (voir plus haut) est donc inadapté pour une mise en ligne et devra être modifié en conséquence !

Dans tous ces trois cas, il est nécessaire de rappeler qu'il faut tenter de maintenir l'apprenant actif. En effet, certains documents peuvent entraîner un traitement superficiel de la part de l'apprenant, notamment s'ils suppriment un certain nombre de difficultés de traitement. Il est donc utile d'impliquer l'utilisateur en l'aidant à focaliser son attention sur les éléments importants du cours par des méthodes variées. Il est possible d'insérer des questions dans le document en faisant varier leur nature, par exemple sur des aspects explicite ou implicites du cours pour obliger l'élève à transférer les connaissances du cours à des situations nouvelles. Des schémas à compléter ou des problèmes résolus suivis de problèmes à résoudre peuvent être proposés régulièrement. L'idée sous-jacente à ces dernières recommandations est que même le meilleur design pédagogique ne permettra pas d'apprentissage pertinent sans un investissement attentionnel minimum de l'élève...

- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baggett, P. (1984). Role of temporal overlap of visual and auditory material in forming dual media associations. *Journal of Educational Psychology*, 76(3), 408-416.
- Bétrancourt, M., & Bisseret, A. (1998). Integrating textual and pictorial information via pop-windows: an experimental study. *Behavior and Information Technology* 17(5), 263-273.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition & Instruction*, 8, 293-332.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 4, 313-331.
- Gyselinck, V. (1996). Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'année psychologique*, 96, 495-516.
- Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95-123.
- Hegarty, M., & Sims, V. K. (1994). Individual differences in mental animation during mechanical reasoning. *Memory & Cognition*, 22(4), 411-430.
- Jamet, E. (1998). L'influence des formats de présentation sur la mémorisation. *Revue de Psychologie de l'éducation*, 1, 9-35.
- Jamet, E. (2000). L'intégration spatiale d'éléments textuels et illustratifs améliore-t-elle la performance? *Revue d'intelligence artificielle*(14), 167-188.
- Jamet, E. (sous presse). Apprentissage à partir de documents électroniques illustrés : le rôle des présentations séquentielles. In A. Piolat (Ed.), *Lire, écrire, communiquer et apprendre avec Internet*. Marseille: Editions Solal.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1-17.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2000). Incorporating Learner Experience Into the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136.
- Le Bohec, O., & Jamet, E. (2005). Les effets de redondance dans l'apprentissage à partir de documents multimédia. *Le travail humain*, 68(2), 97-124.
- Le Bohec, O., & Jamet, E. (in press). Level of redundancy, note-taking and multimedia learning. In R. Lowe, J. F. Rouet & W. Schnotz (Eds.), *Multimedia Comprehension*.
- Levie, W. H., & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), 195-232.
- Lorch, R. F., & Lorch, E. P. (1996). Effects of organizational signals on free recall of expository text. *Journal of Educational Psychology*, 88, 38-48.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., & Inman, W. E. (1993). Effects of signaling topic structure on text recall. *Journal of Educational Psychology*, 85, 281-290.
- Martin, R. C., Wogalter, M. S., & Forlano, J. G. (1988). Reading comprehension in the presence of unattended speech and music. *Journal of memory and language*, 27, 382-398.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1992). The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 444-452.
- Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R., & Tapangco, L. (1996). When Less Is More: Meaningful Learning From Visual and Verbal Summaries of Science Textbook Lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 64-73.
- Mayer, R. E., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 187-198.

- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 86*(3), 389-401.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity. *Journal of Educational Psychology, 91*(2), 358.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2000). A Coherence Effect in Multimedia Learning: The Case for Minimizing Irrelevant Sounds in the Design of Multimedia Instructional Messages. *Journal of Educational Psychology, 92*(1), 117-125.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2002). Verbal Redundancy in Multimedia Learning: When Reading Helps Listening. *Journal of Educational Psychology, 94*(1), 156-163.
- Rossi, J. P. (1990). The function of frame in the comprehension of a scientific text. *Journal Of Educational Psychology, 82*(4), 727-732.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in technical area (Australian Education Review ed. Vol. 43)*. Melbourne: ACER Press.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition & Instruction, 12*, 185-233.
- Tardieu, H., Ehrlich, M.-F., & Gyselinck, V. (1992). Levels of representation and domain-specific knowledge in comprehension of scientific texts. *Language & Cognitive Processes, 7*(3-4), 335-351.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*(4), 257-287.
- Tremblay, S., & Nicholls, A. P. (2000). The Irrelevant Sound Effect: Does Speech Play a Special Role? *Journal of Experimental Psychology / Learning, Memory & Cognition, 26*(6), 1750.
- Wiedenbeck, S. (1999). The use of icons and labels in an end user application program: an empirical study of learning and retention. *Behaviour & Information Technology, 18*(2), 68-82.