

Peut-on concevoir des diaporamas informatiques plus efficaces?

Une revue de la littérature

Eric Jamet

Laboratoire de Psychologie Expérimentale, CRPCC,

Université Rennes 2 Haute Bretagne,

1 place du recteur Henri Le Moal,

35043 Rennes Cedex, France

Tel : +33 02 99 14 19 49

Eric.jamet@uhb.fr

Résumé

Si l'usage de systèmes de vidéoprojection de diaporamas est de plus en plus commun dans de nombreux milieux professionnels, il n'existe que peu de travaux consacrés à l'optimisation de ce type de documents. L'objectif de cet article est de proposer une revue des travaux susceptibles de contribuer à l'amélioration de l'efficacité de ces supports, notamment en termes d'apprentissage. Il concernera, entre autres, le rôle des illustrations, des graphiques de résultats, de la redondance entre l'oral et l'écrit, ou du type de présentation du texte, mais aussi l'usage des formes de guidage de l'attention et des aides à la structuration des informations en mémoire.

Mots clefs : documents multimédias, diaporamas, apprentissage multimédia.

Abstract

While the use of video projection systems for slide shows is being increasingly frequent in many professional environments, very little work has been devoted to the optimization of this type of document. The aim of this article is to provide a review of the work that is likely to help improve the effectiveness of this type of medium, in particular for learning purposes. It will deal, among other things, with the role of illustrations, results charts, the redundancy between the oral and written modes and the type of text presentation, as well as the use of various forms of attention guidance and modes of structuring information in memory.

Keywords: multimedia documents, slide shows, multimedia learning.

Peut-on concevoir des diaporamas informatiques plus efficaces?

Une revue de la littérature

Introduction

L'usage de systèmes de vidéoprojection et de logiciels de diaporamas est aujourd'hui en pleine expansion dans de nombreux milieux professionnels. Des domaines d'activité tels que l'enseignement, la formation ou la communication scientifique voient cet usage devenir quasiment inévitable. Pourtant, malgré l'utilisation exponentielle de ces diaporamas, il existe très peu de travaux scientifiques consacrés à l'évaluation de leur efficacité.

Une première méthode d'évaluation consiste à analyser les effets de l'introduction de tels outils, par exemple en termes d'efficacité dans un enseignement. Les études de ce type sont peu nombreuses. Elles sont généralement caractérisées par une validité externe forte dans la mesure où elles sont réalisées dans des conditions naturelles d'enseignement. En revanche, les contrôles méthodologiques sont souvent très faibles. Ainsi l'étude réalisée par Erwin et Rieppi (1999) montre que l'usage de matériel multimédia dans des cours de psychologie a permis, pour trois cours différents (développement, pathologie, statistique), l'obtention de meilleurs résultats à l'évaluation qu'un cours classique. Néanmoins, comme le rappellent les auteurs, l'effet peut être dû autant aux enseignants qu'aux méthodes puisqu'ils sont différents dans les cours comparés. Ces résultats ne sont pas répliqués pour une autre étude où un diaporama est ajouté à un cours de psychologie sociale (Bartlett & Strough, 2003). Dans une autre expérience publiée la même année (Bartsch & Cobern, 2003), la comparaison de transparents, de diaporamas simples ou agrémentés de sons et d'illustrations révèle qu'à la fin du semestre, les étudiants ont préféré les cours avec diaporamas. Concernant les évaluations, le seul résultat significatif est que le diaporama agrémenté

entraîne des performances d'apprentissage plus faibles que le diaporama simple. Néanmoins, encore une fois, les résultats sont peu fiables dans la mesure où aucun contrebalancement n'a été réalisé. Les résultats obtenus peuvent donc être liés autant au contenu qu'à son mode de présentation.

Dans une étude réalisée dans une situation réelle d'enseignement, des étudiants en sport ont été évalués suite à l'introduction de cours avec diaporama dans leur cursus (Szabo & Hastings, 2000). Ces étudiants, dans leur quasi-totalité, jugent ses cours plus motivants, plus intéressants, et plus aptes à captiver l'attention. Néanmoins leurs résultats à l'examen ne sont pas supérieurs à ceux de la promotion précédente. Les caractéristiques particulièrement appréciées par les étudiants sont la possibilité de varier les polices, d'utiliser des images et de présenter l'information ligne par ligne. Dans la seconde étude, les auteurs comparent les performances des étudiants dans un cours réel sans leur dire qu'ils participent à une étude. La première leçon est réalisée avec des transparents, la seconde avec un diaporama, la troisième avec un diaporama mais des copies des documents sont distribuées au début des cours. De nombreux facteurs sont donc confondus dans cette comparaison (ordre, notions, activités pendant le délai d'une semaine avant le rappel). Il apparaît toutefois que les deux cours avec diaporamas entraînent des performances supérieures au cours avec transparents. Dans la troisième étude, une supériorité d'un cours avec diaporama apparaît pour des étudiants en sport, mais le résultat est inverse pour un panel plus varié d'étudiants. Encore une fois la méthodologie pose problème malgré le soin pris pour contrebalancer partiellement les facteurs manipulés. Les résultats de la première étude de Szabo & Hastings (Szabo & Hastings, 2000) ont été confirmés plus récemment par une expérience mieux contrôlée (Susskind, 2005). Cette fois deux groupes d'étudiants de psychologie sont confrontés à deux types de cours (traditionnel ou diaporama) avec le même enseignant et un contrebalancement des sessions par tranche de 5 semaines. Encore une fois le type de cours n'affecte pas les performances d'apprentissage. En revanche, les attitudes envers le cours sont plus positives

(compréhension, intérêt, motivation, qualité de la prise de note, etc.) et le sentiment de compétence perçue plus élevé pour le cours multimédia.

Dans une étude plus récente (Apperson, Laws, & Scepansky, 2006), les effets de l'introduction de diaporamas dans des cours universitaires (2002-2003) ont été évalués dans une université américaine. Des comparaisons ont été effectuées entre des cours du premier et second semestre identiques en termes de contenus et d'enseignants dans des disciplines variées (psychologie, sociologie, histoire, sciences politiques), le tout concernant environ 200 étudiants. Le diaporama n'est utilisé qu'au second semestre. Les résultats montrent que, parmi toutes les évaluations effectuées, des différences significatives apparaissent au profit de des cours avec diaporamas pour la clarté, l'organisation, le divertissement, le caractère sympathique de l'enseignant et des ses qualités professionnelles. Néanmoins, à l'issue du semestre, aucune augmentation des notes n'est relevée.

En résumé, il apparaît que des cours réalisés à l'aide d'un logiciel semble plus attractifs mais que leur supériorité en termes d'efficacité n'est pas clairement démontrée à l'heure actuelle. Généralement la méthodologie des études est très critiquable. De plus, et le problème n'est pas nouveau (Mayer, 1997), ces études ont tendance à confondre les outils (le logiciel, l'ordinateur et le vidéoprojecteur) et le produit de l'interaction du concepteur avec ces produits, le diaporama.

L'argument défendu ici est que ce n'est pas l'utilisation d'un diaporama qui doit faire l'objet d'étude mais la conception de diaporamas plus efficaces. Il est en effet courant d'observer dans ce domaine le meilleur comme le pire en termes de conception.

Autrement dit, il est proposé ici d'analyser les résultats d'études permettant d'améliorer la qualité ergonomique des documents de type diaporamas. Le parti pris est de s'appuyer sur les résultats d'études expérimentales publiées dans des revues à comité de lecture, généralement dans le domaine de la psychologie cognitive et ergonomique. En effet, dans le domaine de la conception de diaporamas, les recommandations sont nombreuses,

comme le prouve une simple recherche sur internet, mais très rarement basées sur autre chose que l'intuition de la personne qui les proposent.

Dans cet article, les spécificités du traitement cognitif de diaporamas seront analysées sur la base d'un modèle théorique. Cette analyse sera suivie par un exposé des études réalisées sur la base de documents multimodaux (au sens où ils comprennent au moins une source d'informations orale et une autre visuelle).

1 - La compréhension des documents multimodaux

La compréhension d'une information présentée par l'intermédiaire d'un logiciel de présentation nécessite le traitement cognitif et l'intégration d'informations issues de médias variés (explications verbales, illustrations statiques ou dynamiques notamment) mais aussi dans des modalités sensorielles auditives et visuelles. Il s'agit donc de documents multimodaux, tout au moins pour ce qui concerne les « entrées » du système cognitif. Des modèles du traitement cognitif des documents multimédias et / ou multimodaux existent dans la littérature et peuvent servir de cadre théorique aux travaux plus appliqués qui seront présentés ultérieurement. Le plus connu d'entre eux est la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2001, 2005). Cette théorie s'inspire de celle du double codage (Paivio, 1971, 1991) pour proposer deux canaux de traitement de l'information, l'un imagé l'autre verbal pour le traitement des informations multimédias. Elle s'appuie aussi sur des travaux classiques sur la mémoire de travail (Baddeley, 1986) pour postuler la capacité de traitement limitée de chacun des canaux et leur possible surcharge pendant l'apprentissage (voir aussi les travaux sur la charge cognitive Sweller, 1999; van Merriënboer & Sweller, 2005 pour une hypothèse identique). Enfin, elle se base sur la théorie générative de l'apprentissage (Wittrock, 1989) pour rappeler la nécessité d'un traitement actif du matériel de la part de l'apprenant. Ces traitements concernent notamment la sélection des informations pertinentes de l'environnement d'apprentissage, leur organisation dans une structure

cognitive cohérente et leur intégration dans la base de connaissance de l'individu (voir Jamet, sous presse-b pour un présentation plus détaillée).

Un autre modèle proche, le modèle intégratif de la compréhension de Schnotz (2005), prend aussi en compte, tout au moins dans sa dernière version, l'aspect multimédia et multimodal du traitement des informations des documents électroniques. Sa principale différence avec le modèle de Mayer (2001) est que le modèle s'appuie sur les nombreux travaux dans le domaine de la compréhension de texte (e.g. Kintsch, 1998) pour proposer, contrairement à Mayer, l'existence d'une représentation, le modèle mental, commune aux illustrations et aux mots. Malgré d'autres différences qui ne seront pas développées ici, ces deux modèles font un certain nombre d'hypothèses communes. Ils postulent l'intégration en mémoire de travail des différentes sources d'informations issues des médias et des modalités différentes et insistent sur les fréquentes situations de surcharge possible. Enfin, pour ces deux modèles, comme pour celui plus général de la théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999; Sweller & Chandler, 1991), la réduction de la charge liée à toute situation d'apprentissage peut passer par une amélioration du format de présentation des informations dans le document (voir Jamet, sous presse-b pour une revue de ces effets).

Les démonstrations expérimentales du bien-fondé de cette dernière affirmation sont nombreuses, tant du point de vue des documents papiers que des spécificités des documents électroniques (Jamet, 2002). Dans le cadre précis d'un support de type diaporama, un certain nombre de spécificités supplémentaires doivent être prises en compte. Tout d'abord, comme il a déjà été précisé, l'information est multimodale dans le sens où, au minimum, l'auditeur doit gérer le discours de l'orateur, mais aussi les informations présentées à l'écran. Enfin, cette information est généralement multimédia car ce type de logiciel permet une présentation aisée d'illustrations décoratives ou explicatives, d'animations ou de vidéos. D'un point, de vue cognitif, il s'agit donc d'une situation où des sources multiples d'informations doivent être traitées et intégrées simultanément.

Une autre spécificité de cette situation est l'absence de maîtrise du rythme de présentation des informations par l'auditeur, puisque ce rythme dépend de l'orateur. Du point de vue cognitif, cette situation conduit à des difficultés propres à la modalité orale : labilité de l'information, ralentissement du traitement impossible en cas de difficultés de compréhension, impossibilité de re-confrontation immédiate à l'information par réécoute, etc. (Jamet, 1998). Ces difficultés peuvent être amplifiées lors de l'usage de diaporamas par le nombre souvent élevé d'informations présentées à l'écran, ou par le taux relativement rapide de présentation des informations lié par exemple à l'absence de phase d'écriture ou de changement de transparents comme dans des enseignements classiques.

Compte tenu de l'absence totale de contrôle de l'auditeur, des effets de la quantité d'informations, auxquels on pourrait ajouter certaines difficultés spécifiques à la vidéoprojection au niveau perceptif, font de la compréhension d'un diaporama une situation où les phénomènes de surcharge cognitive sont parmi les plus probables. Il apparaît donc primordial de limiter ces difficultés de traitement, notamment en s'appuyant sur les résultats d'études ciblant l'optimisation du format de présentation des informations. Il est ainsi des effets des illustrations, mais aussi des effets de redondance entre l'oral et l'écrit, de structuration du document ou de guidage de l'attention.

2- Illustrations et compréhension

Les bénéfices liés à l'usage d'illustrations comme support à l'explication orale ont été démontrés depuis de nombreuses années. Ainsi, dans leur revue de questions, Levie et Lentz (1982) démontrent de manière incontestable le rôle positif de la répétition des éléments oraux par l'image sur la mémorisation de textes narratifs. Néanmoins, le fait que l'effet observé ne soit visible que pour les éléments du texte effectivement répétées dans le texte et l'illustration conduit à deux remarques. La première est que l'effet est attribuable, en termes cognitifs, à la répétition et non à des aspects motivationnels plus généraux liés à la présence d'illustrations.

Enfin, une illustration décorative ne répétant pas ces éléments n'aura aucun effet dans ce cadre, voire même des effets négatifs (voir effet de cohérence plus en avant).

De plus, des effets complémentaires de l'illustration sont observés dans des épreuves de compréhension caractérisée par l'élaboration d'inférences (Glenberg & Langston, 1992; Gyselinck, 1996) ou de transferts des connaissances du document à de nouvelles situations problèmes (Mayer, 1989; Mayer & Gallini, 1990). Les synthèses dans ce domaine étant nombreuses (Carney & Levin, 2002; Gyselinck & Tardieu, 1999; Levin, Anglin, & Carney, 1987), ces résultats ne seront pas développés ici. Il est néanmoins nécessaire de souligner que les études utilisant les illustrations accompagnées d'une explication orale sont plus rares que celles analysant les apports de l'illustration au texte écrit. Néanmoins, elles sont suffisantes pour permettre de spécifier les conditions d'efficacité de ces illustrations.

-Les bénéfices observés sur l'apprentissage dépendent bien évidemment du type d'illustrations utilisé et sont particulièrement importants pour des illustrations explicatives et pour des apprenants novices (Mayer & Gallini, 1990).

- L'utilisation de sources d'informations visuelles multiples sous forme textuelle et illustrée comporte un risque important de surcharge si ces différentes sources ne sont pas intelligibles individuellement (i.e. si l'apprentissage nécessite de les traiter simultanément pour les intégrer). En effet, leur intégration mentale impose une charge cognitive élevée pour le canal visuel (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). Cet « effet de partage de l'attention visuelle » (Ayres & Sweller, 2005 pour une revue) peut être réduit si les éléments du texte sont déplacés aux endroits correspondant sur la figure (Chandler & Sweller, 1991, 1992; Kester, Kirschner, & van Merriënboer, 2005; Sweller & Chandler, 1991; Sweller, Chandler, Tierney, & Cooper, 1990) ou en utilisant des fenêtres ponctuelles intégrées dans le schéma (Erhel & Jamet, 2006). Néanmoins, cet effet est réduit si la modalité orale est utilisée pour commenter l'information illustrée au lieu de l'écrit (Ginns, 2005 pour une revue). La situation de diaporamas peut donc permettre de limiter cet effet par l'usage d'explications

orales, pour peu que le concepteur ne multiplie pas les sources d'informations visuelles, par exemple en présentant un texte écrit important à côté d'un graphique. Cette situation spécifique de redondance du texte écrit et de l'explication orale sera analysée plus tardivement dans cet article.

-L'intelligibilité d'une illustration dépend souvent 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. De plus, certaines informations ne peuvent être que très difficilement inférées à partir d'une illustration. Ainsi, il est démontré que l'absence d'instructions verbales induit une détérioration des performances d'apprentissage d'apprentis novices confrontés à un schéma complexe (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2000). Néanmoins, la progression des connaissances des apprentis avec la pratique rend ces explications verbales inutiles dans la deuxième phase de cette étude.

-Enfin, l'usage d'illustrations dynamiques doit être limité. Le gain provoqué est souvent faible au regard du temps de développement supplémentaire qu'elles supposent. Elles peuvent avoir des effets positifs lorsqu'elles sont utilisées dans des contextes très spécifiques, par exemple pour expliquer un matériel lui-même dynamique (Bétrancourt, Morrison, & Tversky, 2000; Jamet, 2002). Ainsi, nous avons pu montrer qu'une animation décrivant le fonctionnement d'un moteur à explosion était plus efficace qu'une illustration statique simple ou qu'une suite d'illustration (Hidrio & Jamet, in press). De fait, il s'agissait du seul type d'illustration permettant une augmentation significative des performances de mémoire et de compréhension par rapport à une condition orale non illustrée dans cette étude. Néanmoins, le caractère fugace de l'information orale et visuelle dans ce type de présentation nécessite un contrôle de l'utilisateur important (Bétrancourt & Tversky, 2000; Mayer & Chandler, 2001) qui est absent dans la situation de diaporama.

-Une autre source de difficulté est liée à la complexité des processus d'intégration des informations fournies par l'illustration avec les informations orales. Cette élaboration de liens référentiels entre sources d'informations dans les documents multimédias est primordiale. Néanmoins, elle peut être extrêmement coûteuse en termes cognitifs, notamment lorsque la recherche visuelle à l'écran est compliquée par une quantité d'informations trop importante, ou par une absence d'indices permettant de repérer l'élément pertinent du graphique à un moment précis. Ces processus peuvent être facilités par des mises en formes matérielles qui seront développées ultérieurement (effet de guidage de l'attention, voir plus bas).

En résumé, il apparaît que l'usage d'illustrations explicatives a des effets bénéfiques en termes de mémorisation et de compréhension, notamment pour des novices. Les sources d'informations visuelles simultanées doivent cependant être limitées.

3 – Effets de modalité et Redondance

Lors de la conception de diaporamas, il peut être particulièrement tentant de faire apparaître à l'écran l'intégralité du commentaire oral en version écrite, ne serait-ce que pour que cet écrit serve d'aide-mémoire à l'orateur. On peut penser que cette redondance de l'information peut aider l'auditeur, en doublant les codes de stockage de l'information en mémoire. Cette affirmation est malheureusement erronée dans de nombreux cas. En effet, alors que la révision d'une information dans un média différent est incontestablement bénéfique pour la mémoire, par exemple lors de la révision à l'écrit d'un cours oral, la redondance (i.e. la présentation simultanée de l'orale et de l'écrit) peut avoir des effets négatifs dans certains cas (Le Bohec & Jamet, 2005 pour une revue) :

1) Lorsque l'information présentée est simple, par exemple une liste de chiffres ou de mots, la duplication de l'oral à l'écrit peut avoir des effets positifs. Ainsi, on sait que la détection d'un signal est plus rapide s'il est présenté simultanément dans plusieurs modalités sensorielles (effet de redondance du signal). Par exemple, dans une tâche de détection de

lettres (X parmi des O), la réponse est plus rapide si ces lettres sont accompagnées d'un son spécifique, la co-activation des cibles expliquant la rapidité de la réponse (Miller, 1982, 1991). La mémorisation de mots présentés à la fois en modalité orale et écrite est supérieure à une présentation unimodale (Penney, 1989 pour une revue), de même que la mémorisation de listes de chiffres (Nordby, Raanaas, & Magnussen, 2002).

2) Concernant la mémorisation de phrases ou de textes, les effets de la redondance peuvent aussi être positifs. Dans une étude concernant la mémorisation d'avertissements sur les effets de la consommation d'alcool insérés dans des publicités télévisuelles, Barlow et Wogalter (1993) ont, eux aussi, mis en évidence la supériorité d'une présentation bimodale pour une épreuve de rappel indicé des avertissements. Pour des textes plus complexes, des effets positifs de redondance peuvent aussi apparaître (Montali & Lewandowski, 1996). Dans cette étude, des élèves de 13 à 14 ans lisent des textes scientifiques, les entendent, ou les lisent en les entendant. Le mode redondant permet de performances supérieures aux deux autres formats, notamment pour les élèves possédant les niveaux de lecture les plus faibles, et est jugé par les élèves comme entraînant moins de difficultés de compréhension. Néanmoins, des résultats inverses (i.e. supériorité du mode oral) sont mis en évidence (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2004, Exp. 3) en comparant une présentation orale et redondante d'un texte en mécanique . Comme dans les études précédentes, la vitesse de présentation des informations était imposée par le système dans un flux continu, d'autres études doivent donc être menées dans ce domaine pour expliquer cette différence (âge, niveau de lecture ou mise en saillance du texte).

3) En revanche, les effets de la redondance sont négatifs lorsque le document est multimédia (i.e. composé d'une ou plusieurs illustrations et d'un texte explicatif). Par exemple, dans l'étude de Kalyuga, Chandler et Sweller (1999), le rôle des modalités de présentation des explications relatives à un diagramme sur la fusion des matériaux est évalué. Les explications du diagramme sont fournies en modalité orale, visuelle ou

redondante. Pour les deux épreuves de la phase de test, le groupe « explications orales » dépasse le groupe « explications visuelles » (effet de modalité) mais aussi le groupe « redondant ». Les questionnaires subjectifs de charge mentale sont aussi en faveur du groupe « explications orales ». Ces effets de redondance ont été retrouvés dans une étude ultérieure où un document technique sur les paramètres de perçage d'une machine outil a été proposé à des apprentis (Kalyuga et al., 2000), mais aussi dans d'autres études sur les modalités de présentation des commentaires d'un agent dans un document multimédia sur la formation des éclairs (Craig, Gholson, & Driscoll, 2002), ou sur l'apprentissage de diagrammes composés de courbes de températures (Leahy, Chandler, & Sweller, 2003).

Dans une étude plus complète où des documents sur les processus de formation des éclairs sont proposés à des étudiants (Moreno & Mayer, 2002), la présence d'explications redondantes à l'orale et à l'écrit a été manipulée conjointement à la présentation simultanée ou non d'une animation. Ils comparent dans leur seconde étude des versions du document successives ou simultanées, et redondantes ou non. Les auteurs observent une interaction entre les deux facteurs. En présentation simultanée, l'effet de redondance est négatif, confirmant les résultats d'autres études (Kalyuga et al., 1999, 2000). Lorsque la présentation est successive (i.e. seul le texte apparaît à l'écran, l'illustration est proposée dans un deuxième temps), les effets de redondance sont positifs, confirmant des études développées dans le point 2 ci-dessus.

Ces résultats peuvent être interprétés dans le cadre du modèle de Mayer (2001). Puisque les informations orales et visuelles sont traitées, tout au moins lors des premières étapes, dans des canaux différents (Penney, 1989), leur présentation conjointe doit faciliter leur traitement contigu en mémoire, l'élaboration de liens référentiels entre ces deux sources d'information et la construction d'une représentation verbale cohérente (Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999). Lorsque l'apprentissage implique de traiter l'explication orale mais aussi de partager les ressources du canal visuel entre les mots écrits et les

illustrations, une situation de surcharge est créée (effet négatif de redondance). Lorsqu'une seule source d'information visuelle (le texte) est proposée à l'écran, des effets positifs de la redondance peuvent apparaître.

Par conséquent, si l'effet de redondance est lié au traitement conjoint des différentes sources d'informations visuelles, une solution consiste à proposer une présentation successive de l'oral et de l'écrit. Cette possibilité a été testée récemment (Kalyuga et al., 2004). Un document sur la fusion des solides est proposé à des apprentis (étude 2). Une différence significative apparaît au bénéfice du format non concurrent (illustration et oral, puis écrit) pour les mesures d'efficacité, de performance et d'estimation de la charge mentale. Il est nécessaire de remarquer qu'il s'agit alors plus d'un cas de révision que d'un cas de redondance.

Dans toutes les études présentées ici, le texte écrit est une stricte duplication de l'explication orale. Il est possible de réduire la quantité d'informations écrites en proposant un simple résumé du texte à l'écran. Dans une série de quatre expériences, Mayer, Heiser, & Lonn (2001) ont évalué les effets de la redondance pendant l'apprentissage d'une animation expliquant la formation des éclairs. Dans leur seconde expérience, un texte écrit identique au commentaire sonore ou résumé est présenté à l'écran. Dans ces deux cas, la performance est inférieure à une condition sans texte. Les deux conditions avec texte ne diffèrent pas entre elles. Cependant, dans une étude que nous avons récemment réalisée avec un enseignement réel de comptabilité pour des étudiants en économie (Le Bohec & Jamet, in press), les effets de trois niveaux de redondance du texte écrit (texte complet, résumé, aucun texte) ont été évalués par un test de rétention, un test de transfert et une échelle subjective de satisfaction. Dans la première expérience de cette recherche, une différence significative entre un format « sans texte » et un format « texte complet » est observée au profit du groupe « sans texte », mais uniquement au niveau d'un questionnaire de transfert. Néanmoins, le gain obtenu se fait au détriment du ressenti global – le document étant jugé significativement plus désagréable,

plus lent et moins intéressant en condition « sans texte ». Le format « résumé » semble correspondre à un bon compromis puisqu'il égale les performances obtenues avec le format « sans texte » sans être ressenti de manière aussi négative.

En résumé, les effets de redondance peuvent être positifs si le matériel oral dupliqué à l'écrit est simple et n'est pas accompagné d'autres sources d'informations visuelles, telles que des illustrations. Lorsqu'une autre source d'information visuelle est présentée à l'écran (tableau, schéma, etc.), la présence simultanée d'un texte écrit redondant entraîne une baisse des performances de compréhension. Ce texte écrit peut être réduit aux éléments essentiels sans baisse significative de la compréhension et de plus, avec un effet positif sur le ressenti des auditeurs.

4 - La présentation des résultats

La présentation de résultats est également un domaine où les choix de présentation auront des conséquences importantes sur le niveau de compréhension de l'auditoire. Les choix peuvent porter à la fois sur l'utilisation d'un graphique ou d'un tableau, mais aussi sur le choix du type de graphique. En effet, la compréhension des graphiques peut être extrêmement complexe et source de mauvaises interprétations, notamment quand le graphique ne décrit pas explicitement l'information quantitative pertinente (Carpenter & Shah, 1998; Gattis & Holyoak, 1996; Roth & Bowen, 2003; Shah & Hoeffner, 2002; Shah, Mayer, & Hegarty, 1999).

Concernant la comparaison des graphiques et des tableaux, les données issues de la littérature sont assez variées en termes de résultats et dépendent à la fois de la tâche, de l'utilisateur, de la complexité des données et des conditions de présentations (Coll & Coll, 1993; Meyer & Leiser, 1997). Par exemple, des jugements de taille relative sont plus précis avec des représentations numériques mais plus rapides avec des représentations analogiques (Spence, 1990). Dans l'étude de Spence et Lewandowsky (1991) des sujets effectuent des

comparaisons plus ou moins complexes du type « quel est le plus important A ou B ; ou A+B ou C+D) dans trois types de formats (diagramme en secteur, histogramme et tableau). Plus les tâches se complexifient et plus l'avantage des graphiques est important (étude 3), avec un avantage particulier pour le diagramme en secteur pour la tâche la plus complexe. Concernant les tâches de descriptions libres de données, la comparaison du type de verbalisation produite (globale, locale ou numérique) révèle que les sujets produisent plus de tendance globales pour des graphiques que pour des tableaux (Carswell & Ramzy, 1997). Dans une étude assez complète, Meyer (2000) analyse les effets de trois types de présentation (tableaux, courbes histogrammes) pour des tâches variées (lecture de valeur, comparaison de données, lecture de tendances, etc.), pour des données de complexité variées et enfin pour des niveaux de familiarité croissant sur les 9 sessions. Concernant la lecture de valeur et la comparaison de données, les tableaux ont un avantage quel que soit le niveau de pratique pour les temps de traitement. Les histogrammes permettent des réponses plus rapides que les courbes. Concernant les tâches plus générales (analyse de tendance, repérage d'une valeur extrême), l'avantage obtenu pour les tableaux en début d'étude disparaît après quelques essais. Les histogrammes permettent des performances supérieures aux courbes pour plusieurs tâches.

Néanmoins, il est nécessaire de rappeler que dans ce type d'expériences, les graphiques ou tableaux sont souvent présentés sans texte explicatif ou sans données chiffrées accompagnant le graphique, ce qui réduit considérablement le transfert de leur résultat à des situations naturelles. Ainsi, Hink, Eustace et Wogalter (1998) démontrent que les performances sont équivalentes pour des tableaux, des courbes et des histogrammes si des données chiffrées sont superposées aux graphiques. Globalement, il apparaît néanmoins que la recherche ou la lecture de valeurs numériques est plus aisée dans les tableaux que dans les graphiques, mais aussi que les tendances générales sont plus facilement perçues et décrites dans les graphiques, notamment pour des séries de données importantes. Il n'en demeure pas

moins que ce type de comparaison dépend d'autres variables liées notamment à la compréhension des graphiques.

Trois facteurs jouent un rôle primordial dans ces processus de compréhension : les caractéristiques visuelles des graphiques, les connaissances sur les graphiques et les connaissances sur les données représentées (e.g. Carpenter & Shah, 1998; Shah & Hoeffner, 2002). Seul le premier point sera développé dans le cadre de cet article. Dans ce domaine, des recommandations variées ont été produites par des designers, des statisticiens ou des psychologues de la perception (Kosslyn, 1989). Nous faisons ici le choix de ne présenter que celles étayées expérimentalement. Les nombreuses études réalisées dans ce champ peuvent être résumées comme suit :

- Les tendances du type x-y sont mieux repérées avec des courbes qu'avec des histogrammes alors que les histogrammes renforcent les comparaisons discrètes (Carswell, Emery, & Lonon, 1993; Shah et al., 1999; Zacks & Tversky, 1999).
- Les jugements de proportions sont plus efficaces avec des graphiques où le « tout » est représenté (diagrammes en secteur, barres divisées) plutôt qu'avec des histogrammes (Hollands & Spence, 1992, 1998).
- Concernant l'usage des graphiques en trois dimensions, il apparaît clairement que ce type de présentation doit être limité à la comparaison simultanée d'au moins trois variables. L'usage purement esthétique de la 3D entraîne plus d'erreurs dans une tâche d'estimations de proportions à partir de diagrammes en secteur (Siegrist, 1996) mais aussi des temps d'inspection d'un histogramme plus longs dans une tâche de vérification d'affirmations du type $A > B$ (Fischer, 2000). Des erreurs d'estimations de la longueur de barres sont plus amples quand ces barres sont présentées en 3D et en contexte avec d'autres barres (Zacks, Levy, Tversky, & Schiano, 1998).
- Concernant les animations des graphiques, Shah et Hoeffner (2002) soulignent que peu d'études rigoureuses ont été réalisées et qu'il est difficile de se prononcer sur

leurs éventuels avantages dans ce cadre. Ils rappellent aussi que l'usage de couleurs permet de renforcer des groupements au sein d'un graphique, mais aussi d'un graphique à l'autre.

- Les préconisations vont dans le sens de l'usage d'étiquettes intégrées au graphique plutôt que de légendes, ce que semble renforcer une étude plus récente (Renshaw, Finlay, Tyfa, & Ward, 2004) de même que tous les travaux sur l'effet de partage de l'attention visuelle (Ayres & Sweller, 2005 pour une revue récente) bien qu'aucune étude dans ce champ n'ait été réalisée spécifiquement sur les graphiques.

Shah et Hoeffner (2002) concluent leur revue de questions en proposant des recommandations complémentaires. La première, déjà soulignée, est logiquement de choisir le type de graphique en fonction de l'objectif de la communication (e.g. compréhension de tendances, comparaison de données, comparaison de proportions). La seconde est d'utiliser des formats multiples pour communiquer les mêmes données (tableau + graphique par exemple). Ils recommandent de réduire la demande en mémoire de travail en minimisant la quantité d'informations au sein d'un graphique. Des recommandations sont proposées concernant l'usage correct des échelles, notamment concernant l'induction possible d'erreurs par des échelles tendant à rendre saillante une différence qui ne l'est pas. Enfin, les auteurs rappellent que l'explication verbale d'un graphique n'est pas inutile au regard des erreurs d'interprétations des novices dans ce type de média (voir par exemple (Roth & Bowen, 2003) pour une étude sur les difficultés d'interprétations des graphiques non familiers par des scientifiques). Il est nécessaire d'insister notamment sur les aspects non présentés explicitement dans le graphique.

4 - Guidage de l'attention

Le traitement des informations d'un diaporama implique que l'individu oriente régulièrement son attention vers les éléments oraux ou visuels qu'il juge pertinents à ce moment. L'orientation de l'attention peut être volontaire, contrôlée par les buts, ou involontaire par des événements relatifs aux éléments de l'écran. Ces deux modes ont été respectivement qualifiés de contrôle endogène et exogène de l'attention (Posner, 1980).

Dans le domaine de l'attention visuelle, on sait par exemple que des caractéristiques du stimulus peuvent provoquer une orientation exogène de l'attention. Ainsi, les traits distinctifs d'une cible peuvent être utilisés pour faciliter la recherche visuelle (Treisman, Gelade, & Yantis, 2000), notamment si les individus savent que le trait distinctif est pertinent pour la tâche (Yantis & Egeth, 1999). Ces phénomènes de capture automatique de l'attention ont, par exemple, été montrés pour des éléments se distinguant par leur couleur (Turatto & Galfano, 2000; Turatto, Galfano, Gardini, & Mascetti, 2004). D'autres propriétés des objets telles que son apparition brusque à l'écran (Oonk & Abrams, 1998) ou le début d'un mouvement (Abrams & Christ, 2003) peuvent attirer l'attention et entraîner vers eux des mouvements oculaires (Godijn & Theeuwes, 2002). Malgré la richesse de ce champ de recherche, l'exploitation de ces résultats dans des tâches plus complexes telles que l'apprentissage sont trop peu nombreuses (voir cependant Hillstrom & Chai, 2006).

Du point de vue de la conception de documents pédagogiques, on peut néanmoins faire l'hypothèse que ces résultats pourraient être employés pour faciliter le processus d'apprentissage, par exemple en rendant saillant un élément lorsqu'il est évoqué. Ceci peut faciliter la recherche visuelle et favoriser le traitement contigu en mémoire de l'élément visuel et de l'explication orale correspondante. Ainsi, lorsqu'un élément d'une figure géométrique clignote à l'écran au moment de son évocation dans l'explication (Jeung, Chandler, & Sweller, 1997), les performances des élèves sont plus élevées. Néanmoins, ces bénéfices n'apparaissent que pour des figures où la recherche visuelle est complexe. Le

changement de couleur d'une partie de schéma lors de son évocation a aussi des effets positifs sur l'apprentissage d'un cours universitaire (Tabbers, Martens, & Merriënboer, 2004). Néanmoins, dans cette dernière étude, le document étant sous contrôle des utilisateurs, il est plus risqué de transférer ces résultats à une situation de diaporama. En revanche, dans une situation sans contrôle d'apprentissage d'un document multimédia sur la formation des éclairs, les performances de mémorisation et de compréhension étaient supérieures lorsque l'élément pertinent clignotait et changeait de couleur au moment opportun (Craig et al., 2002).

Des recommandations proches ont été proposées par Bétrancourt (2005) pour la conception d'animation sous le nom de *principe de guidage de l'attention*. L'auteur recommande l'utilisation de signaux visuels pour guider l'attention des utilisateurs vers les éléments importants de l'animation. Des effets allant dans ce sens ont ainsi été obtenus pendant l'apprentissage à partir d'animations pour des enfants (Boucheix & Guignard, 2005). Néanmoins, cet effet bénéfique des signaux n'apparaît que lorsque les enfants contrôlent eux même le rythme de présentation de l'information. De même, des signaux visuels insistant sur les éléments importants n'ont pas provoqué d'effets lors d'une tâche d'apprentissage d'une animation sans contrôle pour des étudiants (Mautone & Mayer, 2001).

En résumé, il apparaît possible de guider l'utilisateur vers les éléments visuels de l'écran lorsqu'ils sont évoqués dans le discours, notamment lorsque le diagramme est complexe. Ceci peut être réalisé en changeant l'élément de couleur ou en le faisant clignoter par exemple. Des effets positifs sont démontrés pour des illustrations statiques mais pas de manière systématique pour des animations. Il est probable que dans ce dernier cas, le mouvement créé par l'animation entre en concurrence avec les signaux du point de vue attentionnel, rendant ces signaux moins efficaces. Enfin, il faut noter ici que des indices non pertinents, tels que l'animation d'illustrations décoratives, ou l'animation non synchrone au

discours de phrases ou d'images, risquent d'avoir des effets exactement inverses en capturant l'attention vers des éléments non pertinents à ce moment.

5 -Présentations séquentielles

Les logiciels de présentation permettent aisément d'afficher les éléments illustrés d'une diapositive de manière successive et non simultanée. Ces présentations séquentielles peuvent avoir plusieurs avantages.

1) Elles peuvent renforcer en mémoire la segmentation et la catégorisation des éléments visuels. En effet, il apparaît que le type de segmentation utilisé influence la nature de la représentation en mémoire. Ainsi, dans l'étude de Bétrancourt, Bisseret et Faure (2000) des cartes d'un village ou d'une bibliothèque sont présentées dans quatre conditions différentes (statique, séquentielle par groupement fonctionnel , séquentielle par groupement spatial, ou individuellement par balayage exhaustif). Dans la tâche de dessin réalisée pour l'évaluation de l'apprentissage, le type de présentation n'a pas d'influence sur le nombre d'éléments rappelés. En revanche, les rappels des groupes linéaires et fonctionnels sont qualitativement très proches (en termes d'ordre) de leur mode de présentation. En accord, avec les auteurs, il est proposé ici qu'une présentation séquentielle adaptée peut affecter positivement la segmentation en mémoire des informations. On peut aussi faire l'hypothèse que ce type de présentations, en introduisant à la fois un ordre et en insistant sur le caractère discret (et non continu) des étapes (Zacks & Tversky, 2001) devrait pouvoir améliorer le traitement d'événements structurés tels que les procédures

2) Elles permettent de présenter progressivement l'information visuelle et donc de favoriser son intégration mentale. Cette proposition semble soutenue par les effets positifs de présentation séquentielle obtenue dans deux études. Dans la première, Bétrancourt, Dillenbourg et Montarnal (2003) ont présenté des graphiques de bilans comptables accompagnés de textes explicatifs écrits en version séquentielle ou statique. La version

séquentielle du document entraîne des performances plus importantes dans des tâches de transfert de connaissances. Toutefois, dans cette étude le rythme de présentation des pages est sous contrôle de l'utilisateur, ce qui l'éloigne de la situation abordée dans cet article. Dans une étude publiée en 2000, Blankenship et Dansereau (2000) ont comparé les formats de présentation d'une carte de concepts du fonctionnement du système immunitaire humain. Ils proposent de tester des solutions pour éliminer les phénomènes de surcharge et de découragement liés à la complexité des cartes de concepts en présentant de manière séquentielle cette carte pour diriger l'attention des individus sur une route cohérente, pour insister sur des blocs pertinents d'informations et pour révéler progressivement la complexité de la carte. Ils évaluent la nature du média utilisé (texte ou carte) et le type de présentation (statique ou séquentielle). Le document est présenté via un vidéoprojecteur à des groupes d'étudiants qui sont ensuite évalués par une tâche de rappel libre différé proposée le lendemain, ce qui, malheureusement, réduit la validité interne de l'étude. Les auteurs observent une interaction entre les deux facteurs manipulés pour les différentes mesures, les effets positifs de présentation séquentielle apparaissant pour les cartes mais pas pour le texte.

3) Lorsqu'une explication orale est présentée parallèlement, les présentations séquentielles permettent de réduire la quantité d'informations visuelles à l'écran, tout au moins au début de la diapositive, et donc de faciliter la recherche visuelle des éléments correspondants à l'explication orale. C'est ce dernier type d'études qui est le plus proche de la situation de vidéoprojection dans la mesure où des éléments visuels sont présentés simultanément à des éléments explicatifs oraux. Les études de ce type sont peu nombreuses en ce qui concerne les présentations séquentielles. Néanmoins, il apparaît que la présentation séquentielle et synchrone au discours des éléments d'un graphique améliore la qualité de l'apprentissage (Jamet, sous presse-a). Dans cette étude, la présentation de diagrammes sur les troubles de la lecture et la spécialisation hémisphérique était réalisée sous forme statique

ou sous forme séquentielle synchronisée au discours. Les étudiants confrontés à ce dernier document obtiennent des performances plus élevées en termes de mémorisation et de compréhension. Les effets sont expliqués par la facilitation du processus de recherche visuelle à la fois parce la densité informative est moins forte mais aussi parce l'apparition de l'élément facilite l'orientation de l'attention. Cette facilitation permet un traitement contigu en mémoire de travail des éléments verbaux et illustrés, contigüité dont on sait qu'elle est bénéfique pour l'apprentissage (Mayer, 2001). D'autres études non publiées à l'heure actuelle démontrent l'utilité de ce type de présentation, notamment lorsque l'ordre d'évocation des éléments du schéma à l'oral est difficilement prévisible. Les effets évoqués ici sont proches de ceux évoqués en termes de guidage l'attention. Il est donc envisageable de les cumuler en présentant séquentiellement les graphiques et en affichant en saillance le dernier élément évoqué.

En résumé, il apparaît donc que la présentation séquentielle d'un schéma peut favoriser sa segmentation en mémoire, peut permettre d'introduire progressivement l'information visuelle et guider sa lecture. Elle facilite aussi le traitement synchrone des sources d'informations en facilitant la recherche visuelle. Concernant l'usage de ce type de présentations pour du texte, rien ne permet à l'heure actuelle de soutenir une hypothèse identique même s'il est tentant de signaler qu'une diapositive trop dense du point de vue textuel a toutes les chances de provoquer une désynchronisation complète du traitement des sources écrites et orales.

6 - Effets de cohérence et de quantité d'informations

Il est largement démontré aujourd'hui que la quantité d'informations présentées dans un document n'est pas nécessairement proportionnelle à la quantité d'informations mémorisées. C'est même parfois une relation inverse qui est observée : pour les documents écrits, on connaît depuis longtemps les effets positifs de la réduction de la quantité

d'informations (e.g. Carroll, Smith-Kerker, Ford, & Mazur-Rimetz, 1987; Mayer, Bove, Bryman, Mars, & Tapangco, 1996), ceux de la suppression des détails du texte (Harp & Mayer, 1997, 1998) ou ceux de la suppression d'animations décoratives (Wright, Milroy, & Lickorish, 1999).

Concernant la compréhension orale, les travaux de Richard Mayer démontrent 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 et al., 2001). De manière proche, la suppression d'informations quantitatives non essentielles pour la compréhension d'un phénomène peut augmenter la compréhension de ce dernier (Mayer & Jackson, 2005). Dans cette étude, le phénomène de création des vagues est exposé à des étudiants par des documents papiers ou par explications orales illustrées par des animations. La suppression d'éléments quantitatifs verbaux et illustrés relatifs aux calculs de la taille des vagues entraîne une amélioration de la compréhension du phénomène pour les supports papiers et électroniques. Il ne s'agit pas de conclure ici que ces informations sont inutiles, mais plutôt que leur présentation à un moment où elles ne sont pas nécessaires crée un phénomène de surcharge au niveau cognitif.

L'environnement sonore peut lui aussi provoquer une baisse des performances pendant une tâche d'apprentissage. La compréhension de textes écrits est ainsi plus faible lorsqu'un environnement sonore vocal est entendu pendant la lecture (e.g. Martin, Wogalter, & Forlano, 1988; Tremblay & Nicholls, 2000). Des effets proches sont montrés en compréhension orale. 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).

En résumé, il est primordial de réduire la quantité d'informations non essentielles d'un document, notamment lorsque le rythme de présentation n'est pas maîtrisé par

l'apprenant, de « désherber » le document comme le suggère Mayer et Moreno (2003). Cette amélioration peut passer par une suppression d'éléments purement décoratifs (illustrations, sons) ou inutiles pour le contexte d'apprentissage mais aussi par la présentation ultérieure de certains éléments non pertinents à ce moment de la diapositive. Sur ce dernier point, les travaux récents sur l'optimisation de la charge cognitive montrent le caractère bénéfique d'une introduction plus progressive des notions dans un cours, par exemple du fonctionnement d'un test de statistiques et des ses conditions d'applications (Kester, Kirschner, & van Merriënboer, 2004), des étapes d'une procédure et des explications sur les objets manipulés (Kester, Lehnen, Van Gerven, & Kirschner, 2006; Pollock, Chandler, & Sweller, 2002), ou des instructions sur les représentations graphiques en mathématiques et la manière de les réaliser dans un logiciel (Clarke, Ayres, & Sweller, 2005).

7 – Lisibilité

Les études sur la lisibilité sont relativement nombreuses, que ce soit celles consacrées aux documents présentés sur papier (e.g. Tinker & Paterson, 1929, 1931; Tinker & Paterson, 1932), sur des écrans de télévision (e.g. Legge, Pelli, Rubin, & Schleske, 1985; Muter, Latrémouille, Treurniet, & Beam, 1982), des écrans informatiques (e.g. Castelhana & Muter, 2001; Rahman & Muter, 1999) ou la comparaison des supports (e.g. Dillon, 1992; Muter & Maurutto, 1991). Il n'existe à notre connaissance aucune étude de lisibilité avec un support de vidéoprojection. Mais au regard des nombreux facteurs en interaction dans ce domaine, cela n'a finalement rien d'étonnant. En effet, on admet généralement que la lisibilité dépend de la taille des caractères, des contrastes de teinte et de luminance entre les caractères et le fond, de la taille des lignes, de la police utilisée, du type d'écran et de l'éclairage ambiant (Baccino, 2004 pour une revue).

Concernant les effets des contrastes, les études sont nombreuses pour la lecture à l'écran. De fait, c'est surtout le contraste de luminance qui joue plus que la couleur. En effet,

des couleurs peuvent être caractérisées en termes de chrominance (i.e. en termes de teinte et de saturation) mais aussi de luminance (il s'agit d'une mesure d'intensité lumineuse de l'objet et non d'une mesure d'éclairement tel que celui d'une pièce). Il est ainsi possible de comparer des contrastes chromatiques, ou des contrastes de luminance. Une combinaison noir-blanc correspond d'ailleurs exclusivement à ces derniers. Ainsi, l'étude de Shieh et Lin (2000) démontre qu'une performance d'identification de lettres est supérieure pour des écrans plats TFT (par rapport à un écran de type cathodique), pour des contrastes de luminance forts, pour les polarités positives (i.e. le fond est plus clair que les caractères) et enfin pour un éclairage ambiant modéré. Dans une autre étude (Ling & van Schaik, 2002), c'est l'effet des contrastes de la barre de navigation qui a été évalué : Bleu-blanc, noir-blanc, jaune-bleu, bleu-jaune, rouge-vert, vert-rouge. La tâche consiste à dire le plus rapidement possible si un mot est présent dans la barre. Les combinaisons à fort contraste positif (noir sur blanc, bleu sur blanc, bleu sur jaune) sont préférées des utilisateurs et entraînent globalement de meilleures performances. Enfin, une autre étude semble montrer la supériorité des polarités positives pour des textes dynamiques en scrolling (Wang, Fang, & Chen, 2003), ou une tâche d'identification de lettres (Shieh & Lin, 2000). Enfin, dans une tâche de lecture de page web commerciales et éducatives, les contrastes fond-texte ont aussi une influence (Hall & Hanna, 2004). Dans cette étude les contrastes les plus élevés (noir blanc, blanc noir) sont comparés à des contrastes plus faibles en terme de teinte et de luminance (bleu clair, bleu foncé, cyan, noir). Ces couleurs ont été choisies notamment en fonction des résultats d'études révélant que ces couleurs sont, en général, celles qui sont le plus appréciées dans les estimations subjectives. Les résultats des questionnaires révèlent que les pages avec un fort contraste sont jugées plus lisibles, notamment noir sur fond blanc. En revanche, comme attendu, la page colorée en bleu est jugée plus esthétique. Les réponses à un questionnaire de mémoire ne sont pas affectées. Les recommandations des auteurs vont donc dans le sens d'une utilisation des contrastes positifs importants, notamment pour les sites pédagogiques.

Concernant, les effets d'animations du texte utilisés parfois dans les diaporamas, la seule étude à notre connaissance est celle de Huang et Lin (2001) en Chinois. Les auteurs présentent des textes de mécanique animés ou non et en répétant ou non la présentation des phrases. Les animations manipulées sont classiques dans ce type de logiciel : ouverture en damier, ouverture par le centre, bandes aléatoires. Aucun effet significatif de ces animations n'est observé sur la mémorisation, ni sur la rapidité de réponse. Les étudiants expriment une préférence pour les diapositives statiques ou une animation par bande. Les auteurs concluent qu'il faut utiliser les animations avec de nombreuses précautions. Au regard des résultats observés, il s'agit ici d'une augmentation du temps de conception inutile.

Concernant l'usage des polices de caractères, Bernard, Chaparro, Mills et Halcomb (Bernard, Chaparro, Mills, & Halcomb, 2002) ont comparé la vitesse de lecture d'enfant de 9 à 11 ans qui réalisaient une tâche de recherche de mots substitués dans des textes. Les polices utilisées sont Arial, Comic, Times et Courier new. La police courrier est lue plus lentement, probablement parce que contrairement aux autres la largeur des caractères est fixe. Les polices sans serif (Arial et Comic) sont jugées plus positivement dans les évaluations de lisibilité perçue. Dans une autre étude de la même équipe, des adultes lisent des textes à la recherche de mots substitués (Bernard, Chaparro, Mills, & Halcomb, 2003). La manipulation de la taille (10 et 12 points) et du type de police (Arial et Times) n'entraîne pas de différence significative en termes de précision ou de vitesse. En revanche, la police Arial est préférée des utilisateurs et ils la jugent plus lisible alors que, paradoxalement, la majorité d'entre eux est utilisatrice de la police Times quasi-quotidiennement. Cette absence d'effet de la police sur la rapidité de lecture a été à nouveau démontrée récemment (Ling & van Schaik, in press) dans une tâche de lecture de page web mais encore une fois, la police sans sérif est préférée à une police serif (times). Enfin, dans l'étude de Larson (2004), la seule réalisée à notre connaissance avec un vidéoprojecteur, des diaporamas dont on modifie la police (times ou helvetica), le fond (uni ou complexe) et le contraste (noir gris(f) ou blanc, bleu(f)), sont

présentés à des étudiants en marketing. L'analyse des résultats d'une évaluation de mémorisation immédiate révèle que le seul facteur qui prédit significativement les performances est le type de fond. Il faut constater que la validité interne de l'étude semble faible (aucune statistique descriptive n'est fournie) et que la variable dépendante choisie semble peu pertinente au regard des variables manipulées.

En résumé, il existe à l'heure actuelle trop peu d'études sur la lisibilité de diaporamas lorsqu'ils sont projetés. En revanche, concernant la lecture à l'écran, il apparaît que les effets de contrastes de luminance et chromatiques forts entraînent à la fois des effets positifs en terme de vitesse de lecture, de lisibilité perçue et de satisfaction. Les contrastes positifs (caractères foncés sur fond clair) semblent préférables. Ces recommandations peuvent être considérées avec intérêt pour les vidéoprojections. Néanmoins, il faut rappeler l'effet de l'éclairage ambiant, auquel il conviendra d'ajouter dans le cadre des vidéoprojections, les effets de la qualité du support de vidéoprojections (le mur parfois !), de la puissance du vidéoprojecteur (mesurée en lumens) et le degré d'usure de la lampe. Il est donc particulièrement risqué de ne pas utiliser des combinaisons fortement contrastées. Concernant l'usage des polices, les polices sans serif (e.g. arial, helvetica, comic) semblent entraîner des effets positifs mais uniquement en termes de lisibilité perçue et de satisfaction. Concernant les tailles de polices, aucune recommandation fiable n'est disponible à l'heure actuelle, mais elles seraient difficilement exploitables. En effet, il faut rappeler que dans un amphithéâtre par exemple, la distance entre l'écran et les lecteurs peut varier entre quelques mètres et plusieurs dizaines. La taille d'une lettre de 5 cm à l'écran peut donc varier en termes de degré d'angle visuel de 1,5° à 2m à 0,3 à 10m.

8 - Structuration et mises en saillance du texte

Les démonstrations des effets bénéfiques des mises en saillance des informations importantes d'un texte écrit par l'emploi de marquages typographiques (e.g. gras, souligné),

de résumé ou de titres sont très nombreuses dans la littérature. Par exemple, la mémorisation des thématiques d'un texte complexe est améliorée par l'emploi de résumés et de titres (Lorch & Lorch, 1996). La nature elle-même du résumé peut être influente. Mayer et ses collaborateurs (1996) ont évalué différents types de résumés d'un texte sur la météo. Les étudiants participant à l'expérience doivent lire un texte scientifique de 600 mots seul ou accompagné d'un résumé comportant du texte et/ou un dessin explicatif. Ils démontrent que le fait de fournir un résumé verbal ou verbal et imagé améliore le rappel et la compréhension. Des marquages typographiques de la macrostructure d'un texte (soulignement) ou la présence de titre au début du texte et dans la marge améliorent aussi le niveau de mémorisation d'un texte scientifique destiné à des enfants (Rossi, 1990).

Concernant la modalité orale, les démonstrations des effets de mise en saillance des éléments importants sont moins nombreuses. D'un point de vue technique, ces mises en saillance peuvent passer par la présentation à l'écrit d'éléments importants du discours, mais aussi par des éléments verbaux plus explicites dans le discours (« ceci est important ») et enfin par la modulation de la prosodie. Par exemple, Mautone et Mayer (2001) ont proposé à des étudiants un document sur le fonctionnement d'un avion qui comportait des explications verbales et des graphiques. Dans la première étude, les effets de signalements (titres, résumé, marquage typographique, et ajout de mots renforçant des aspects implicites du type « c'est parce que ») sont démontrés pour un texte écrit dans une épreuve de compréhension. Dans la deuxième étude, les mêmes éléments améliorent aussi l'apprentissage d'une explication orale (dans ce cas, les marquages typographiques étaient remplacés par une modulation de la prosodie). Les effets de signalement sont donc, dans cette étude, similaires à l'oral et à l'écrit.

En résumé, l'élaboration des représentations mentales pendant la tâche d'apprentissage est facilitée par la présence de résumés, de plans et de titres ou de marquages typographiques. Ces effets de structuration sont utilisables à l'oral, mais aussi sur l'écran.

9 - Prise de notes et documents complémentaires

Les effets positifs de la prise de notes en contexte scolaire ont été largement soulignés dans la littérature (voir par exemple les revues de Kiewra, 1985; Kiewra, 1991; Kobayashi, 2005, 2006; Piolat, Olive, & Kellogg, 2005). Dans d'autres domaines, notamment en contexte professionnel, les résultats sont beaucoup moins clairs (Hartley, 2002).

Dans sa revue de questions, Kiewra (1985) rappelle que, si des étudiants qui révisent à partir des notes complètes d'un enseignant ont généralement des performances supérieures à ceux qui révisent leurs propres notes, les étudiants qui ont à disposition les deux supports réussissent encore mieux. En effet, si le problème des notes personnelles est qu'il y manque généralement une part non négligeable des informations du cours, ces informations sont généralement mieux rappelées proportionnellement. De plus, des étudiants ayant pris des notes et les ayant révisées ont des performances de rappel supérieures à ceux ayant simplement écouté ou pris des notes, ou simplement révisé des notes empruntées (Kiewra et al., 1991). La méta-analyse réalisée par Kobayashi (2005) démontre que cet effet d'encodage positif de la prise de notes sur l'apprentissage est modéré (effet moyen .22 pour 57 études) mais aussi que ces effets sont plus importants pour un cours oral (.43) que pour un cours écrit (0.27) ou un document audiovisuel (0.02).

Dans une autre revue de questions, Kiewra (1991) expose les aides possibles à la prise de note en s'inspirant du modèle de Mayer. Concernant le processus de sélection, il propose quatre types d'aides pour faciliter la prise en notes.

- La première consiste à donner des indices aux scripteurs sur les éléments à noter. Il cite ainsi les travaux de Locke (1977) qui montrent que des étudiants notent près de 88% des informations écrites au tableau mais seulement 52% des autres. La prise de note est ainsi influencée par la présence d'un diaporama proposant à l'écrit les phrases du discours (Austin, Lee, & Carr, 2004). Le taux d'idée critique noté par des étudiants passe de 62% à 97%

lorsque des diapositives soulignent ces idées. Néanmoins, l'absence de contrebalancement en termes d'ordre et de cours compromet dans cette expérience la validité des résultats. La prise de notes peut aussi être renforcée en l'absence de support écrit par des indices oraux adaptés (Rickards, Fajen, Sullivan, & Gillespie, 1997; Titsworth & Kiewra, 2004), notamment en renforçant la structuration du cours par une présentation orale du plan et par son rappel en cours de leçon..

- La seconde méthode consiste à fournir un squelette du cours qui va être complété par les notes des étudiants. Il s'agit ici de guider la prise de notes en facilitant la structuration des connaissances.
- La troisième consiste à fournir les titres intégrés au cours. Cette recommandation rejoint celle formulée dans le point consacré aux effets de structuration du document développés plus haut.
- La quatrième consiste à répéter les présentations du cours. Il s'agit évidemment d'une recommandation plus complexe à mettre en œuvre. Désormais, ceci est techniquement possible à l'aide de logiciels permettant de mettre en ligne des diaporamas sonorisés.

Pour faciliter le processus de révision, les notes complètes peuvent être fournies par l'enseignant. Sur ce dernier point, une remarque s'impose. Il est fréquent de fournir des copies des diapositives en version papier à l'auditoire avant ou après l'intervention. La seule étude testant à notre connaissance l'influence de la présence de ces documents pendant un cours avec diaporama est celle de Szabo & Hastings (2000). Aucun effet significatif du fait de fournir des copies papier du diaporama n'est observé mais les limites méthodologiques de cette étude sont telles que ce résultat est à prendre avec beaucoup de précautions.

D'un point de vue empirique, on peut penser que fournir ces documents peut contribuer à limiter les difficultés de la prise de notes. Ici, les espaces réservés peuvent permettre à

l'auditoire de compléter le contenu déjà écrit sur le document. Mais cette réduction de la prise de notes peut aussi contribuer à réduire proportionnellement l'effet l'encodage positif lié au fait de prendre des notes. Fournir ces documents après l'intervention peut contribuer à faciliter le processus de révision mais une copie d'une diapositive n'est pas un élément pédagogique complet. En effet, au regard de ce qui a été dit ici, une « bonne » diapositive est succincte et non redondante avec l'explication orale. Elle sera donc un bien piètre support de connaissances sans l'explication qui l'accompagnait. Dans les études citées ici, les notes fournies en fin d'apprentissage sont complètes. Il est donc délicat de se prononcer sur la présence de ces documents dans l'état actuel de la littérature.

En résumé, il apparaît clairement que le processus d'apprentissage peut être facilité à deux niveaux. Le premier niveau est à l'effet d'encodage lié à la prise en note. Il peut être facilité en mettant en saillance les éléments à noter, mais aussi en aidant leur structuration en mémoire. Il s'agit alors de fournir un plan dans le diaporama mais aussi en tant que document à compléter. Le deuxième niveau concerne la révision. Les notes complètes, organisées de manière identique, peuvent être fournies plus tardivement sous forme écrite pour faciliter le processus de révision, en permettant d'éventuels compléments des notes personnelles. Si le diaporama est fourni, il doit être sonorisé ou modifié pour fournir l'information écrite complète.

Conclusion

L'objectif de cette revue de la littérature était de souligner les résultats de travaux permettant d'améliorer la conception des diaporamas, notamment ceux à vocation pédagogique. Un certain nombre de recommandations a été proposé dans ce sens.

Comme souligné en introduction, les études utilisant réellement une situation de vidéoprojection sont peu nombreuses. Lorsque c'est le cas, les problèmes méthodologiques sont fréquents. Parallèlement, de nombreuses études réalisées en laboratoire ou dans milieux

d'apprentissage réel permettent aujourd'hui de mieux comprendre les processus d'apprentissage des documents multimédias sur ordinateur, mais aussi de proposer des solutions pour améliorer les documents. Les résultats de ces expériences sont, pour certains, aisément transférables aux situations de vidéoprojections si les documents possèdent les mêmes caractéristiques, notamment celles liées à la présence d'une explication orale sans contrôle de l'utilisateur. Pour d'autres, notamment celles concernant la lisibilité, la prudence est de rigueur quant aux transferts des résultats et des recommandations.

Il est donc nécessaire d'élaborer dans ce champ des études rigoureuses sur des facteurs aussi variés que la lisibilité, les documents complémentaires fournis où les effets de la prise de note par exemple. De même, il est fréquent d'oublier dans les études de ce type la présence de l'orateur, réduit souvent à une simple explication orale préenregistrée. Dans une situation naturelle, il constitue certes, une source d'information orale, mais aussi visuelle, interagissant, autant que faire se peut, avec l'auditoire et réagissant aux feedbacks visuels ou oraux qu'il reçoit de son public. Enfin, à l'heure où l'emploi de plateformes d'enseignement à distance et de compléments de cours présentiels devient systématique dans les universités, la nature des documents sonorisés mis à la disposition des apprenants devra faire l'objet d'études spécifiques, notamment sur les effets du contrôle du rythme de présentation qu'ils permettent.

References

- Abrams, R. A., & Christ, S. E. 2003. Motion onset captures attention. *Psychological Science*, 14(5), 427.
- Apperson, J. M., Laws, E. L., & Scepansky, J. A. 2006. The impact of presentation graphics on students' experience in the classroom. *Computers & Education* 47(1), 116-126.
- 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(4), 314-320.
- Ayres, P., & Sweller, J. 2005. The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. B. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 135-146). Cambridge: University Pres.
- Baccino, T. 2004. *La lecture électronique*: Presses universitaires de Grenoble.
- Baddeley, A. D. 1986. *Working memory*. Oxford Oxford University Press.
- Barlow, T., & Wogalter, M. S. 1993. Alcoholic beverage warnings in magazine and television advertisements. *Journal of Consumer Research*, 20(1), 147.
- Bartlett, R. M., & Strough, J. 2003. Multimedia Versus Traditional Course Instruction in Introductory Social Psychology. *Teaching of Psychology*, 30(4), 335-338.
- Bartsch, R. A., & Cobern, K. M. 2003. Effectiveness of PowerPoint presentations in lectures. *Computers & Education*, 41(1), 77.
- Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., & Halcomb, C. G. 2002. Examining children's reading performance and preference for different computer-displayed text. *Behaviour & Information Technology*, 21(2), 87-96.
- Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., & Halcomb, C. G. 2003. Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed Times New Roman and Arial text. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6), 823.
- Bétrancourt, M. 2005. The animation and interactivity principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 287-296). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bétrancourt, M., Bisseret, A., & Faure, A. 2000. Sequential display of pictures and its effect on mental representations. In L. J. B. Rouet JF , A (Ed.), *Multimedia Learning: Cognitive and Instructional Issues* (pp. 112-118). The Netherlands.: Elsevier Science.
- Bétrancourt, M., Dillenbourg, P., & Montarnal, C. 2003. Computer Technologies in Powerful learning environments: The case of using animated and interactive graphics for teaching

- financial concepts. In L. V. E. De Corte, N. Entwistle & J. van Merriënboer (Ed.), *Unravelling basic components and dimensions of powerful learning environments*. (pp. 143 - 157): Advances in Learning and Instruction Series, Pergamon: Elsevier Science Ltd.
- Bétrancourt, M., Morrison, J. B., & Tversky, B. 2000. Les animations sont-elles vraiment plus efficaces. *Revue D'Intelligence Artificielle*, 14, 149-166.
- Bétrancourt, M., & Tversky, B. 2000. Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le Travail Humain*, 63(4) 311-329.
- Blankenship, J., & Dansereau, D. F. 2000. The Effect of Animated Node-Link Displays on Information Recall. *Journal of Experimental Education*, 68(4), 293.
- Boucheix, J.-M., & Guignard, h. 2005. What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation. *European Journal of Psychology of Education - EJPE*, 20(4), 369-388.
- Carney, R. N., & Levin, J. R. 2002. Pictorial Illustrations Still Improve Students' Learning from Text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5 - 26.
- Carpenter, P. A., & Shah, P. 1998. A Model of the Perceptual and Conceptual Processes in Graph Comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(2), 75-100.
- Carroll, J. M., Smith-Kerker, P. L., Ford, J. R., & Mazur-Rimet, S. A. 1987. The Minimal Manual. *Human-Computer Interaction*, 3(2), 123.
- Carswell, C. M., Emery, C., & Lonon, A. M. 1993. Stimulus Complexity and Information Integration in the Spontaneous Interpretations of Line Graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 7(4), 341-357.
- Carswell, C. M., & Ramzy, C. 1997. Graphing small data sets: should we bother? *Behaviour & Information Technology*, 16(2), 61-71.
- Castelhano, M. S., & Muter, P. 2001. Optimizing the reading of electronic text using rapid serial visual presentation
- Optimizing the reading of electronic text using rapid serial visual presentation. *Behaviour & Information Technology*, 20(4), 237-247.
- Chandler, P., & Sweller, J. 1991. Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition & Instruction*, 8, 293-332.
- Chandler, P., & Sweller, J. 1992. The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.
- Clarke, T., Ayres, P., & Sweller, J. 2005. The Impact of Sequencing and Prior Knowledge on Learning Mathematics Through Spreadsheet Applications. *Educational Technology Research & Development*, 53(3), 15.

- Coll, J. H., & Coll, R. 1993. Tables and Graphs: A Classification Scheme for Display Presentation Variables and a Framework for Research in This Area. *Information Processing and Management*, 29(6), 745-750.
- 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.
- Dillon, A. 1992. Reading from paper versus screens: A critical review of the empirical literature. *Ergonomics*, 35(10), 1297-1326.
- Erhel, S., & Jamet, E. 2006. Using pop-up windows to improve multimedia learning, . *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 137-147.
- Erwin, T. D., & Rieppi, R. 1999. Comparing multimedia and traditional approaches in undergraduate psychology classes. *Teaching of Psychology*, 26(1), 58-61.
- Fischer, M. H. 2000. Do irrelevant depth cues affect the comprehension of bar graphs? *Applied Cognitive Psychology*, 14(2), 151-162.
- Gattis, M., & Holyoak, K. J. 1996. Mapping Conceptual to Spatial Relations in Visual Reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(1), 231-239.
- Ginns, P. 2005. Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction*, 4, 313-331.
- Glenberg, A. M., & Langston, W. E. 1992. Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151.
- Godijn, R., & Theeuwes, J. 2002. Oculomotor capture and Inhibition of Return: Evidence for an oculomotor suppression account of IOR. *Psychological Research*, 66(4), 234.
- Gyselinck, V. 1996. Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'année psychologique*, 96, 495-516.
- Gyselinck, V., & Tardieu, H. 1999. The role of illustrations in text comprehension : what, when, for whom, and why? In S. R. Goldman & H. V. Oostendorp (Eds.), *The Construction of Mental Representations During Reading*. N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hall, R. H., & Hanna, P. 2004. The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. *Behaviour & Information Technology*, 23(3), 183-195.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. 1997. The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 92-102.

- Harp, S. F., & Mayer, R. E. 1998. How Seductive Details Do Their Damage: A Theory of Cognitive Interest in Science Learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414-434.
- Hartley, J. 2002. Notetaking in non-academic settings: a review. *Applied Cognitive Psychology*, 16(5), 559-574.
- Hidrio, C., & Jamet, E. (in press). Learning from a multimedia explanation: a comparison of static pictures and animation. In J. F. Rouet, R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Multimedia comprehension*.
- Hillstrom, A. P., & Chai, Y.-C. 2006. Factors that guide or disrupt attentive visual processing. *Computers in Human Behavior*, 22(4), 648-656.
- Hink, J. K., Eustace, J. K., & S. Wogalter, M. 1998. Do grabbles enable the extraction of quantitative information better than pure graphs or tables? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22(6), 439-447.
- Hollands, J. G., & Spence, I. 1992. Judgments of change and proportion in graphical perception. *Human Factors*, 34(3), 313-334.
- Hollands, J. G., & Spence, I. 1998. Judging proportion with graphs: the summation model. *Applied Cognitive Psychology*, 12(2), 173-190.
- Huang, S.-T. T., & Lin, M.-J. H. 2001. Designing efficient text presentation of multimedia CAI -- the evaluation of dynamic text patterns and the negative repetition effect on memory. *Computers & Education*, 37(2), 127-140.
- Jamet, E. 1998. L'influence des formats de présentation sur la mémorisation. *Revue de Psychologie de l'éducation*, 1, 9-35.
- Jamet, E. 2002. L'apport des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la conception des documents techniques. *Psychologie Française*, 47(1), 33-40.
- Jamet, E. (sous presse-a). Apprentissage à partir documents électroniques illustrés : le rôle des présentations séquentielles. In A. Piolat (Ed.), *Lire, écrire, communiquer et apprendre avec Internet*. Marseille: Editions Solal.
- Jamet, E. (sous presse-b). La compréhension de documents multimédia. In A. Piolat (Ed.), *Lire, écrire, communiquer et apprendre avec Internet*. Marseille: Editions Solal.
- Jeung, H.-J., Chandler, P., & Sweller, J. 1997. The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychology*, 3, 329 -343.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. 1999. Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-372.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. 2000. Incorporating Learner Experience Into the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136.

- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. 2004. When Redundant On-Screen Text in Multimedia Technical Instruction Can Interfere With Learning. *Human Factors*, 46(3), 567-581.
- Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. 2004. Timing of information presentation in learning statistics. *Instructional Science*, 32(3), 233-252.
- Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. 2005. The management of cognitive load during complex cognitive skill acquisition by means of computer-simulated problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 75(1), 71-85.
- Kester, L., Lehnen, C., Van Gerven, P. W. M., & Kirschner, P. A. 2006. Just-in-time, schematic supportive information presentation during cognitive skill acquisition. *Computers in Human Behavior*, 22(1), 93-112.
- Kiewra, K. A. 1985. Providing the Instructor's Notes: An Effective Addition to Student Notetaking. *Educational Psychologist*, 20(1), 33.
- Kiewra, K. A. 1991. Aids to Lecture Learning. *Educational Psychologist*, 26(1), 37.
- Kiewra, K. A., DuBois, N. F., Christian, D., McShane, A., Meyerhoffer, M., & Roskelley, D. 1991. Note-Taking Functions and Techniques. *Journal of Educational Psychology*, 83(2), 240-245.
- Kintsch, W. 1998. *Comprehension : A paradigm for cognition*. cambridge : UK: Cambridge University Press.
- Kobayashi, K. 2005. What limits the encoding effect of note-taking? A meta-analytic examination. *Contemporary Educational Psychology*, 30(2), 242-262.
- Kobayashi, K. 2006. Combined Effects of Note-Taking/Reviewing on Learning and the Enhancement through Interventions: A meta-analytic review. *Educational Psychology*, 26(3), 459-477.
- Kosslyn, S. M. 1989. Understanding Charts and Graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 185-226.
- Larson, R. B. 2004. Slide composition for electronic presentations. *Journal of Educational Computing Research*, 31(1), 61-76.
- 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 J. F. Rouet, R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Multimedia Comprehension*.
- Leahy, W., Chandler, P., & Sweller, J. 2003. When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 17, 401-418.

- Legge, G. E., Pelli, D. G., Rubin, G. S., & Schleske, M. M. 1985. Psychophysics of reading: I. Normal vision. *Vision Research*, 25(2), 239-252.
- Levie, W. H., & Lenz, R. 1982. Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), 195-232.
- Levin, J. R., Anglin, G. J., & Carney, R. N. 1987. On empirically validating functions of pictures in prose. In D. M. Willows & H. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration : Volume I. Basic Research* (pp. 51-86). New York: Springer-verlag.
- Ling, J., & van Schaik, P. 2002. The effect of text and background colour on visual search of Web pages. *Displays*, 23(5), 223-230.
- Ling, J., & van Schaik, P. (in press). The influence of font type and line length on visual search and information retrieval in web pages. *International Journal of Human-Computer Studies*, In Press, Corrected Proof.
- Lorch, R. F., & Lorch, E. P. 1996. Effects of Organizational Signals on Free Recall of Expository Text. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 38-48.
- 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.
- 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. 1989. Systematic Thinking Fostered by Illustrations in Scientific Text. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 240-246.
- Mayer, R. E. 1997. Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational psychologist*, 32(1), 1-19.
- Mayer, R. E. 2001. *Multimedia learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E. 2005. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge university press.
- 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., & Chandler, P. 2001. When Learning Is Just a Click Away : Does Simple User Interaction Foster Deeper Understanding of Multimedia Messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. 1990. When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726.

- 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., & Jackson, J. 2005. The Case for Coherence in Scientific Explanations: Quantitative Details Can Hurt Qualitative Understanding. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 11*(1), 13-18.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. 1998. A Split-Attention Effect in Multimedia Learning : Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology, 90*(2), 312-320.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. 2003. Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist, 38*(1), 43-52.
- Meyer, J. 2000. Performance with tables and graphs: effects of training and a Visual Search Model. *Ergonomics, 43*(11), 1840.
- Meyer, J., & Leiser, D. 1997. Multiple factors that determine performance with tables and graphs. *Human Factors, 39*(2), 268.
- Miller, J. 1982. Divided attention: Evidence for coactivation with redundant signals. *Cognitive Psychology, 14*(2), 247-279.
- Miller, J. 1991. Channel Interaction and the Redundant-Targets Effect in Bimodal Divided Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 17*(1), 160-169.
- Montali, J., & Lewandowski, L. 1996. Bimodal reading: Benefits of a talking computer for average and less skilled readers. *Journal of Learning Disabilities, 29*(3), 271.
- 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.
- 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.
- Muter, P., Latrémouille, S. A., Treurniet, W. C., & Beam, P. 1982. Extended reading of continuous text on television screens. *Human Factors, 24*(5), 501-508.
- Muter, P., & Maurutto, P. 1991. Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? *Behaviour & Information Technology, 10*(4), 257-266.

- Nordby, K., Raanaas, R. K. r., & Magnussen, S. 2002. The expanding telephone number Part 1: Keying briefly presented multiple-digit numbers. *Behaviour & Information Technology*, 21(1), 27-38.
- Oonk, H. M., & Abrams, R. A. 1998. New perceptual objects that capture attention produce inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 510-515.
- Paivio, A. 1971. *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Paivio, A. 1991. Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45, 255-287.
- Penney, C. G. 1989. Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory & Cognition*, 17(4), 398-422.
- Piolat, A., Olive, T., & Kellogg, R. T. 2005. Cognitive effort during note taking. *Applied Cognitive Psychology*, 19(3), 291-312.
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. 2002. Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61-86.
- Posner, M. I. 1980. Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Rahman, T., & Muter, P. 1999. Designing an interface to optimize reading with small display windows. *Human Factors*, 41(1), 106-117.
- Renshaw, J. A., Finlay, J. E., Tyfa, D., & Ward, R. D. 2004. Understanding visual influence in graph design through temporal and spatial eye movement characteristics. *Interacting with Computers*, 16(3), 557-578.
- Rickards, J. P., Fajen, B. R., Sullivan, J. F., & Gillespie, G. 1997. Signaling, Notetaking, and Field Independence / Dependence in Text Comprehension and Recall. *Journal of Educational Psychology*, 89(3), 508-517.
- Rossi, J. P. 1990. The Function of Frame in the Comprehension of Scientific Text. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 727-732.
- Roth, W.-M., & Bowen, G. M. 2003. When Are Graphs Worth Ten Thousand Words? An Expert-Expert Study. *Cognition & Instruction*, 21(4), 429-473.
- Schnotz, W. 2005. Integrative Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49-70). Cambridge: Cambridge university press.
- Shah, P., & Hoeffner, J. 2002. Review of Graph Comprehension Research: Implications for Instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69.

- Shah, P., Mayer, R. E., & Hegarty, M. 1999. Graphs as Aids to Knowledge Construction : Signaling Techniques for Guiding the Process of Graph Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 690-702.
- Shieh, K.-K., & Lin, C.-C. 2000. Effects of screen type, ambient illumination, and color combination on VDT visual performance and subjective preference. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(5), 527-536.
- Siegrist, M. 1996. The use or misuse of three-dimensional graphs to represent lower-dimensional data. *Behaviour & Information Technology*, 15(2), 96-100.
- Spence, I. 1990. Visual Psychophysics of Simple Graphical Elements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(4), 683-692.
- Spence, I., & Lewandowsky, S. 1991. Displaying Proportions and Percentages. *Applied Cognitive Psychology*, 5(1), 61-77.
- Susskind, J. E. 2005. PowerPoint's power in the classroom: enhancing students' self-efficacy and attitudes. *Computers & Education*, 45(2), 203-215.
- Sweller, J. 1999. *Instructional design in technical areas*. Melbourne: ACER Press.
- Sweller, J., & Chandler, P. 1991. Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition & Instruction*, 8, 351-352.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. 1990. Cognitive Load as a Factor in the Structuring of Technical Material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(2), 176-192.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. 1998. Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Szabo, A., & Hastings, N. 2000. Using IT in the Undergraduate Classroom: Should We Replace the Blackboard with PowerPoint? *Computers & Education*, 35(3), 175-187.
- Tabbers, H. K., Martens, R. L., & Merriënboer, J. J. G. v. 2004. Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology*, 74(1), 71-81.
- Tinker, M. A., & Paterson, D. G. 1929. Studies of typographical factors influencing speed of reading. III. Length of line. *Journal of Applied Psychology*, 13, 205-219.
- Tinker, M. A., & Paterson, D. G. 1931. Studies of typographical factors influencing speed of reading. VII. Variations in color of print and background. *Journal of Applied Psychology*, 15, 471-479.
- Tinker, M. A., & Paterson, D. G. 1932. Studies of typographical factors influencing speed of reading. IX. Reductions in size of newspaper print. *Journal of Applied Psychology*, 16, 525-531.

- Titsworth, B. S., & Kiewra, K. A. 2004. Spoken organizational lecture cues and student notetaking as facilitators of student learning. *Contemporary Educational Psychology*, 29(4), 447-461.
- Treisman, A. M., Gelade, G., & Yantis, S. 2000. A feature-integration theory of attention. In *Visual perception: Essential readings*. (pp. 347-358): Psychology Press.
- 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.
- Turatto, M., & Galfano, G. 2000. Color, form and luminance capture attention in visual search. *Vision Research*, 40(13), 1639-1643.
- Turatto, M., Galfano, G., Gardini, S., & Mascetti, G. G. 2004. Stimulus-driven attentional capture: An empirical comparison of display-size and distance methods. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 57(2), 297-324.
- van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. 2005. Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177.
- Wang, A.-H., Fang, J.-J., & Chen, C.-H. 2003. Effects of VDT leading-display design on visual performance of users in handling static and dynamic display information dual-tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32(2), 93-104.
- Wittrock, M. C. 1989. Generative Processes of Comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345-376.
- Wright, P., Milroy, R., & Lickorish, A. 1999. Static and animated graphics in learning from interactive texts. *European Journal of Psychology of Education*, XIV, 203-224.
- Yantis, S., & Egeth, H. E. 1999. On the Distinction Between Visual Salience and Stimulus-Driven Attentional Capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(3), 661-676.
- Zacks, J. M., Levy, E., Tversky, B., & Schiano, D. J. 1998. Reading Bar Graphs : Effects of Extraneous Depth Cues and Graphical Context. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(2), 119-138.
- Zacks, J. M., & Tversky, B. 1999. Bars and lines: a study of graphic communication. *Memory & cognition*, 27(6), 1073-1079.
- Zacks, J. M., & Tversky, B. 2001. Event structure in perception and conception. *Psychological Bulletin*, 127(1), 3-21.