
Comment présenter l'information dans les documents numériques éducatifs ?

Une approche de psychologie cognitive

Eric Jamet — Olivier Le Bohec — Cédric Hidrio

*Laboratoire de psychologie Expérimentale - CRPCC
Université Rennes 2
Place du recteur Henri Le Moal
F-35043 Rennes cedex
eric.jamet@uhb.fr*

RÉSUMÉ. L'objectif de cet article est d'analyser l'influence des formats de présentation de l'information sur l'apprentissage de documents numériques. Le développement technologique a permis de proposer de nouvelles formes de présentation : illustrations dynamiques ou présence conjointe d'oral et d'écrit par exemple. Les conséquences de ces formats sur la compréhension seront exposées.

ABSTRACT. The aim of this paper is to analyze the influence of presentations formats of information on the learning of computerized documents. Recent advances in technology have prompted new ways of presenting information: dynamic illustrations, simultaneous use of aural and written information for example. Consequences of these formats on understanding are exposed.

MOTS-CLÉS : apprentissage, compréhension des documents électronique, multimodalité.

KEYWORDS: learning, computerized documents understanding, multimodality.

1. Introduction

Il existe depuis de nombreuses années des travaux liés à l'apprentissage en psychologie cognitive. Plus récemment, un certain nombre d'études ont été consacrées aux documents eux-mêmes (Sweller, 1999 pour une revue). Dans ce champ de recherches, c'est l'interaction entre les formats de présentation et la qualité de l'apprentissage qui est explorée. Les travaux sur le design des documents ont déjà fait l'objet de nombreuses publications dans d'autres disciplines. Les études que nous allons développer sont caractérisées par leur appui sur les modèles théoriques du fonctionnement cognitif de l'individu en situation d'apprentissage. Les principaux résultats publiés concernent par exemple les effets des illustrations, les effets de modalités de présentation ou de mise en saillance des informations dans les documents pédagogiques ou techniques (Jamet, 2002a pour une revue).

L'utilisation de plus en plus courante de documents électroniques a permis de proposer de nouvelles formes de présentation : des simples liens hypertextes aux illustrations dynamiques en passant par des fenêtres ponctuelles (pop-up) ou des documents multimodaux oraux et visuels¹. Ces nouvelles possibilités ne se traduisent pas nécessairement par une amélioration des performances (Jamet, 2002a). L'une des raisons les plus courantes est la surcharge du système cognitif...

2. L'apprentissage : rappel de quelques notions théoriques

La compréhension et l'utilisation des documents pédagogiques impliquent souvent le traitement d'informations de sources variées (textes, illustrations, vidéos 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 sont dépendants de la modalité d'entrée auditive ou visuelle. Traditionnellement, deux types de mémoires sont envisagés pour les traitements ultérieurs de l'information :

– la première correspond à la mémoire de travail (MDT) caractérisée par une capacité limitée en termes d'espace de traitement – un nombre limité d'éléments peut être traité en même temps (Miller, 1956) – et en termes de durée² ;

– la seconde appelée mémoire à long terme (MLT) est celle qui permet de compenser les limitations de la première. Sa capacité est envisagée par beaucoup comme illimitée et durable. Elle regroupe toutes les connaissances des individus et

1. Le terme de multimodalité sera ici utilisé dans ce sens très restreint : nous parlerons de documents multimodaux lorsque des informations visuelles (textes ou schémas) et orales (informations auditives sonores ou verbales) sont utilisées conjointement. Il s'agit donc d'une acception très limitée du concept de multimodalité.

2. Cette description sommaire ne doit pas masquer la complexité de cette structure et le fait qu'elle fasse encore largement débat encore aujourd'hui (voir par exemple Gaonac'h *et al.*, 2000).

est mobilisée à tout instant pour donner sens aux stimuli perçus et traités par la mémoire de travail.

D'après la théorie des schémas, ces connaissances en MLT sont souvent organisées, catégorisées et stockées sous forme de schémas, c'est-à-dire dans un format correspondant à la manière avec laquelle elles seront par la suite utilisées (Chi *et al.*, 1982). Depuis les travaux princeps de De Groot (1965) sur l'expertise des joueurs d'échecs, l'étendue et la qualité des connaissances contenues en MLT sont considérées comme des facteurs les plus importants à considérer pour expliquer les performances humaines, bien plus que la qualité de la chaîne de raisonnements en mémoire de travail à partir des simples stimuli (Kirschner, 2002).

Pour Sweller (1999), dont nous allons présenter la théorie, il n'y a pas d'expertise sans schémas. Ceux-ci fournissent le sens à l'immense quantité d'informations contenues en mémoire à long terme et permettent, en catégorisant de multiples stimuli sous forme d'un élément catégorisé à traiter, de libérer de l'espace de traitement en mémoire de travail. Les limitations de la MDT peuvent donc gêner la construction, la mise à jour, l'automatisation et le stockage des schémas en MLT, activités considérées comme l'essence même de l'apprentissage. Il est donc primordial de chercher à comprendre quels sont les facteurs qui déterminent le niveau de charge en mémoire de travail.

La théorie de la charge cognitive (TCC) que proposent Sweller et ses collaborateurs distingue actuellement trois types de charge :

- la charge cognitive intrinsèque (*intrinsic cognitive load*) correspondant à la demande en termes de ressources mentales inhérentes aux caractéristiques du matériel à traiter – une charge cognitive intrinsèque importante correspond soit à un matériel hautement complexe, interactif, soit non familier (faible expertise) ;

- par opposition, la charge cognitive extrinsèque (*extrinsic cognitive load*), correspondant au format de présentation, se décompose en deux éléments :

- la charge cognitive inutile (*extraneous cognitive load*) correspondant à une utilisation de ressources mentales pour des opérations cognitives non essentielles liées à une mauvaise présentation l'information. Par exemple, l'apprentissage d'un document illustré peut être relativement complexe à gérer du point de vue cognitif si le système de légende ne facilite pas la référencement mutuelle des sources écrites et illustrées ;

- la charge cognitive pertinente (*germane cognitive load*) ayant lieu lorsqu'un espace de traitement disponible en MDT est dévolu à l'enrichissement de schémas ou à l'automatisation de ceux-ci grâce à un mode de présentation de l'information qui permet ou qui incite à focaliser l'attention sur les informations importantes au regard de la tâche (Sweller *et al.*, 1998).

La charge cognitive extrinsèque met l'accent sur les formats de présentation. Une présentation inadéquate de l'information peut compromettre l'apprentissage ou tout au moins le rendre plus difficile. C'est ce dernier point, que nous nous proposons de

développer à travers une analyse des effets des illustrations et des modalités orales ou écrites de présentation de l'information.

3. Les nouvelles illustrations

3.1. Les illustrations statiques

Les apports des illustrations statiques explicatives à l'apprentissage de documents pédagogiques sont maintenant relativement bien connus. Ces effets sont de deux types :

- ils concernent tout d'abord l'amélioration du rappel des éléments répétés dans le texte et l'image (Levie *et al.*, 1982) ;

- le deuxième effet bénéfique des illustrations concerne la compréhension (Mayer, 2001 ; Gyselinck, 1996). De fait, des effets positifs de l'illustration sont aussi observés pour des questions d'inférences dont la réponse ne figure pas explicitement dans le texte. La théorie des modèles mentaux (Johnson-Laird, 1983) fournit un cadre théorique pertinent quant à l'interprétation de ces effets. Dans cette théorie, la compréhension est considérée comme le résultat de la construction d'un modèle mental (Johnson-Laird, 1983) ou modèle de situation (Van Dijk *et al.*, 1983). A partir d'un document uniquement textuel, cette construction dépendrait tout d'abord de la mise en place effective d'une représentation propositionnelle des informations explicitement fournies par le document. Le modèle mental serait ensuite construit de manière inférentielle par les interactions entre cette représentation propositionnelle et les connaissances antérieures du sujet. La théorie des modèles mentaux propose donc de considérer le langage, non pas comme un matériel à analyser sur un plan syntaxique et sémantique de manière à le stocker en mémoire, mais comme un ensemble d'instructions de traitement permettant la construction d'un modèle mental de la situation décrite (Zwaan *et al.*, 1998). La structure du modèle mental serait de nature analogique, c'est-à-dire qu'il refléterait de manière analogique (et non symbolique) les situations qu'il représente. La relation analogique commune que les modèles mentaux et les illustrations entretiennent avec ce qu'ils représentent (ils évoquent « directement » la réalité sans passer par un système de codage symbolique) impliquerait un impact direct des illustrations sur la construction des modèles mentaux (Glenberg *et al.*, 1992 ; Gyselinck, 1996 pour une revue).

3.2. L'intégration texte-illustration

De nombreux travaux ont pu mettre en évidence les bénéfices de l'intégration spatiale des éléments textuels et illustrés (Tricot, 1998 ou Sweller, 1999, pour des revues de questions). L'intégration spatiale consiste à présenter les différentes sources d'informations d'un document (une illustration et du texte par exemple) en

les positionnant de telle sorte que l'on évite un effet de partage de l'attention entre ces sources (voir figure ci-dessous).

Sweller et son équipe ont ainsi mis en évidence la supériorité d'un format intégré par rapport à un format séparé dans des situations variées d'apprentissage : résolution de problèmes géométriques (Sweller *et al.*, 1990), apprentissage de logiciels (Chandler *et al.*, 1991 ; Cerpa *et al.*, 1996), utilisation de schémas électriques (Chandler *et al.*, 1991). Cette même équipe a pu mettre en évidence que l'efficacité de l'intégration est liée aux connaissances préalables des sujets : elle n'est en fait pertinente que pour des novices (Kalyuga *et al.*, 1998).

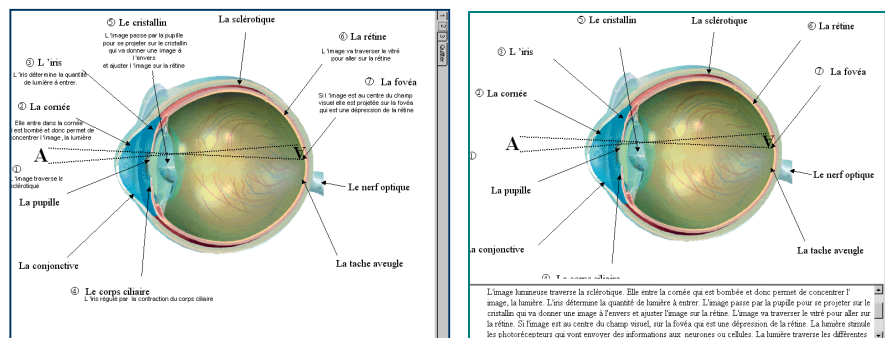


Figure 1. Version intégrée et séparée des schémas, d'après Jamet (2000)

L'un des inconvénients majeurs de ce type de présentation est la limitation, à la fois d'ordre perceptif et esthétique, de la quantité d'informations écrites. L'une des solutions à ce problème viendra peut-être de l'utilisation 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. (Bétrancourt *et al.*, 1998) démontrent qu'une version des schémas sur le fonctionnement d'un système d'évacuation des fumées est plus efficace en terme de rappel lorsque le texte est présenté dans des fenêtres ponctuelles plutôt que présenté en format séparé. Les études utilisant ces fenêtres ponctuelles demeurent trop peu nombreuses pour établir des conclusions plus générales. Néanmoins, les travaux que nous menons actuellement dans notre laboratoire semblent confirmer l'intérêt qu'il y a à utiliser ces pop-up dans les documents pédagogiques.

3.3. Les illustrations dynamiques

Les progrès technologiques permettent aujourd'hui de proposer des illustrations plus élaborées. Il s'agit par exemple d'illustrations dynamiques (animations) présentant en mouvement une procédure ou le fonctionnement d'un système.

Les effets positifs de la présence d'illustrations dynamiques sont déjà largement attestés. La présence d'une animation accompagnant un document sonore facilite sa mémorisation ainsi que la résolution de problèmes de compréhension (Mayer *et al.*, 1991, 1992 ; Hidrio *et al.*, 2002a) par rapport à une condition où le document sonore est présenté seul.

La présence de démonstrations animées serait, par exemple, utile lorsque la tâche implique de réaliser l'action dans un délai de quelques minutes après la démonstration (Palmiter *et al.*, 1993). Dans le cadre d'une coopération avec un de nos partenaires industriels, nous avons cherché à optimiser l'utilisation de l'aide d'un moteur de recherche Internet³ en nous appuyant sur ce principe. L'aide fournie à la base est écrite. Elle présente le système de syntaxe de recherche utilisée par ce moteur. Nous avons comparé les effets d'une telle aide si elle est complétée par une démonstration animée (cf. figure 2) qui illustre le processus de saisie de requêtes (Hidrio *et al.*, 2002).

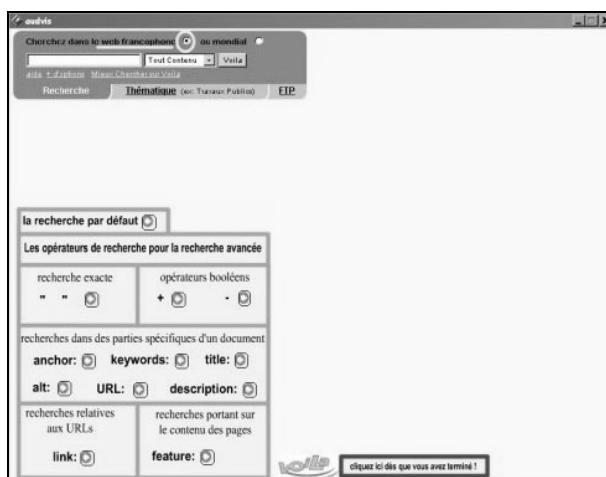


Figure 2. Interface de l'aide auditive présentée avec une animation explicative (en haut à gauche), d'après (Hidrio et al., 2002)

3. Convention de recherches n°001b934 entre France Télécom Recherches et Développement et le CRPCC.

Après une phase d'apprentissage du document, des utilisateurs novices sont placés dans une situation de recherche virtuelle d'informations sur le web. Le nombre de requêtes correctement effectuées est mesuré. La présence d'une animation permet le passage d'une proportion de réponses correctes d'un tiers à la moitié des requêtes. La présence d'une animation explicative ou de démonstrations semble donc avoir un effet positif, si on la compare à des conditions où elle est absente.

Néanmoins, la comparaison des deux types d'illustration (statique *vs* dynamique) fournit des résultats beaucoup plus mitigés. Les travaux ayant été amenés à effectuer ce type de comparaison ont abouti à des résultats différents, principalement par manque de contrôle méthodologique et de cadre théorique consistant (Bétrancourt *et al.*, 2000 ; Park *et al.*, 1993 ; Rieber, 1990). On peut toutefois noter que les recherches les plus récentes révèlent de plus grandes difficultés associées à l'extraction d'informations visuo-spatiales à partir d'illustrations dynamiques qu'à partir d'illustrations statiques (Schnotz *et al.*, 1999 ; Lowe, 1999). Ces difficultés seraient relatives à :

- la fugacité des animations (Schnotz, 2001) ;
- un traitement non actif des informations imagées (l'apprenant serait passif devant l'animation, Schnotz, 2001) ;
- une sélection d'informations non pertinentes pour l'apprentissage (Lowe, 1999) parce qu'elles sont mises en saillance par l'animation.

Ces résultats ont été obtenus dans le cadre de l'apprentissage de textes écrits, et on peut s'attendre à des résultats différents avec des documents oraux.

(Hidrio *et al.*, 2002b) ont par exemple comparé l'apprentissage d'une explication orale (portant sur le principe de fonctionnement du cycle à quatre temps d'un moteur à essence) accompagnée de divers types d'illustrations :

- statique simple : une seule illustration du système présenté « à l'arrêt » ;
- statiques multiples : une illustration statique caractéristique du cycle en cours illustre chaque temps (des flèches ont été ajoutées sur chaque illustration pour simuler indirectement les mouvements des éléments ; une seule illustration est présente à la fois à l'écran) ;
- dynamique : une animation est synchronisée au discours.

Une condition contrôle sans illustration a également été testée. Il faut également noter que chaque type d'illustration disposait d'une même légende, indiquant les principaux éléments du système. Les résultats de cette expérience ont montré un effet bénéfique des illustrations uniquement pour le format animé (meilleur rappel et réponses plus justes à un questionnaire d'inférences). Aucun effet des illustrations statiques n'est apparu, que ce soit pour le format statique simple ou le format statique multiple. L'apprentissage du document choisi, *i.e.* un système mécanique où les interactions (événements visuo-spatiaux) entre les éléments du système sont centrales à la compréhension, le format dynamique semble supérieur à tout format statique.

Une des hypothèses que nous testons actuellement concerne la référencement implicite (ou localisation sur l'illustration) des éléments que la synchronisation explication-animation peut permettre. Ainsi, dans le document dynamique, lorsque la voix-off indiquait « le piston monte dans le cylindre », l'apprenant déduisait implicitement que l'élément qui montait était le piston (localisation + illustration du dynamisme). L'étape primordiale pour la compréhension d'intégration texte-illustration pourrait donc être facilitée par cette synchronisation

4. Les documents multimodaux

4.1. L'effet de modalité et la multimodalité

Les nombreuses études réalisées sur la mémoire de travail ont permis de démontrer qu'elle était composée de plusieurs sous-systèmes spécialisés (Baddeley, 1986). La boucle phonologique est un système de stockage temporaire des données verbales lues ou entendues tandis que le calepin visuo-spatial remplit le même rôle pour l'ensemble des informations traitées visuellement.

En s'appuyant sur cette structure, on peut proposer qu'un document audiovisuel utilisant ces deux sous-systèmes sera plus efficace lorsque toutes les informations sont présentées visuellement. Si une présentation uniquement visuelle d'un texte et d'une image (graphique, schémas...) engendre une charge cognitive plus importante qu'une présentation audiovisuelle (texte à l'oral) du même matériel, le format audiovisuel devrait entraîner par conséquent un apprentissage plus performant que le format uniquement visuel. C'est ce qu'ont démontré (Mousavi *et al.*, 1995) en comparant les performances d'étudiants à qui l'on présente des documents de géométrie soit de façon bi-modale (graphique à l'écrit et explications à l'oral) soit de façon unimodale (graphique et explications à l'écrit). Au travers de plusieurs expériences, ils observèrent de façon consistante une performance supérieure avec la présentation bi-modale. Ce type de résultat a été répliqué en utilisant une diversité de matériels pédagogiques avec une grande variété des groupes d'âge différents. Il faut préciser que les deux sources d'informations sont ici mutuellement référencées, sans pour autant être redondantes, c'est-à-dire qu'elles ne renvoient pas exactement au même pattern d'informations. (Mayer, 1997 ; Mayer *et al.*, 1998 ; Moreno *et al.*, 1999 ; Mousavi *et al.*, 1995 ; Tindall-Ford *et al.*, 1997).

Quand il s'agit de comparer des modalités entre elles et non d'évaluer les différentes formes de combinaisons multimodales, nous parlerons ici d'effet de modalité. Deux grands points sont à souligner sur les effets de modalité : lorsque l'on compare la mémorisation de documents complexes et/ou longs en fonction de leur modalité de présentation (orale ou écrite), on constate que le rappel est souvent meilleur lorsque les documents ont été lus, en partie grâce au contrôle qu'exerce le lecteur sur sa prise d'informations (possibilité de ralentir, de faire des retours en arrière par exemple). En revanche, pour des instructions courtes, la modalité orale

peut être recommandée pour une utilisation immédiate des informations (Jamet, 1998 pour une présentation de ces travaux).

4.2. *L'effet de redondance*

L'utilisation de deux modalités (visuelles et auditives) est donc supposée être plus efficace qu'un format unimodal. En fait, comme (Vetere *et al.*, 1999) l'indiquent, beaucoup de concepteurs multimédia préfèrent dupliquer un message sonore sur support visuel avec l'intention sous-jacente d'aider l'utilisateur à mieux comprendre et intégrer le contenu du document. Nous retrouvons d'ailleurs souvent ce postulat dans l'utilisation des diaporamas informatiques où les intervenants préfèrent retranscrire sous forme quasiment littérale le contenu de l'exposé à l'écrit. Quelles sont donc les implications de cette duplication (redondance des informations) *via* deux modalités différentes sur les processus cognitifs impliqués ?

L'effet de redondance peut se définir comme suit : « *La même information étant présente plusieurs fois sous des formes différentes (par exemple sous forme textuelle et sous forme imagée) entraîne une charge cognitive plus importante (donc des performances moins bonnes) que le même matériel présenté sans redondance.* » (Tricot, 1998). Contrairement à l'idée très répandue selon laquelle présenter les mêmes informations sous différents formats faciliterait l'apprentissage, de nombreuses expériences tendent à montrer un effet négatif de cette forme de redondance. Dès à présent, il semble nécessaire d'indiquer ici qu'il s'agit de présentations imposant un traitement simultané des informations redondantes et non un traitement séquentiel, donnant lieu dans ce cas à de la révision d'information – activité largement connue pour faciliter l'apprentissage.

L'étude princeps de Chandler et Sweller (1991) a mis en évidence ce cas de figure avec un document présentant la circulation du sang à l'aide d'un texte reprenant des éléments du graphique, par ailleurs compréhensibles par eux-mêmes. En supprimant ces informations redondantes, les performances ont augmenté. Ici les auteurs jouent sur le mode de présentation et non sur la modalité (cf. Mayer, 2001) pour la distinction entre mode (verbal/imagé) et modalité (auditif/visuel). Il existe des cas de figure où la redondance est liée à la fois à la modalité (c'est-à-dire que les informations sont à la fois présentées sous forme visuelle et sous forme auditive) et au mode de présentation (c'est-à-dire que les informations sont également présentées sous forme verbale et sous forme imagée). Ce sont d'ailleurs ces ultimes cas de figure qui renvoient à la notion de redondance selon Mayer (2001) : « *Les étudiants apprennent mieux à partir d'une animation (illustration) accompagnée des explications orales qu'à partir d'une animation accompagnée à la fois des explications orales et des mêmes explications retranscrites sous forme textuelle (en marge de l'animation).* » L'étude de référence correspondant au principe de redondance tel qu'il est défini par Mayer et ses collègues se trouve être de fait une étude issue du champ de la théorie de la charge cognitive : il s'agit de l'étude de (Kalyuga *et al.*, 1999). 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. Les instructions peuvent être absentes, écrites, orales ou présentées dans ces deux modalités simultanément. Deux types de résultats sont observés : le premier correspond à l'obtention classique de l'effet de modalité (voir plus haut), c'est-à-dire ici que le format « graphique plus texte à l'oral » est plus efficace que le format « graphique plus texte à l'écrit ». Le second correspond à l'obtention d'un effet de redondance relatif à de meilleures performances pour le format « graphique plus texte à l'oral » comparé au format « graphique plus texte à l'oral et conjointement à l'écrit ». Ici, l'ajout du texte engendre clairement une charge cognitive extrinsèque inutile, au détriment de l'apprentissage. Plusieurs études, dont celle de (Mayer *et al.*, 2001) ont depuis répliqué cet effet de redondance sur la base d'un document visant à expliquer la formation des orages. Dans une étude menée au sein de notre laboratoire (Le Bohec *et al.*, 2003), nous avons également répliqué ce résultat avec un document présentant des notions de base en comptabilité. L'ensemble de ces résultats indique de façon cohérente une inutilité des informations redondantes provoquant une surcharge en mémoire de travail, celle-ci se manifestant par une baisse des performances.

4.3. L'effet d'expertise

Nous avons vu précédemment que les informations contenues en mémoire à long terme jouaient un rôle majeur dans l'apprentissage. Ainsi, l'utilité des informations peut être envisagée en fonction de l'expertise des individus et pas uniquement en fonction de la duplication de celle-ci. Une source d'information peut être essentielle pour un novice et peut s'avérer redondante – voire inutile et gênante – pour quelqu'un qui possède davantage de connaissances spécifiques sur le domaine. Comme le suggèrent (Kalyuga *et al.*, 2002), il pourrait exister un seuil à partir duquel un document très synthétique peut être trop concis pour une bonne compréhension chez des novices, trop d'inférences restant à faire. Un même document pourrait être adapté ou inadapté en fonction du niveau d'expertise des individus. Dans une étude menée au sein de notre laboratoire en collaboration avec un partenaire industriel, nous avons obtenu un résultat expérimental cohérent avec cette idée, c'est-à-dire qu'il existe un seuil au-delà duquel une information est trop synthétique, trop abstraite pour être comprise par des novices, ce qui implique une nécessaire analyse qualitative du document pour repérer en fonction de la population ce qui est nécessaire de ce qui ne l'est pas (Le Bohec *et al.*, 2001). Une information peut ainsi devenir redondante du simple fait qu'elle soit connue.

Une expérience récente réalisée par (Kalyuga *et al.*, 2000) illustre ce phénomène. 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 sont présentées à côté d'un diagramme associant le diamètre du foret, la vitesse de rotation de la perceuse et la nature des métaux. Comme dans l'expérience

précédemment décrite de la même équipe, les instructions peuvent être absentes, écrites, orales ou dupliquées dans ces deux modalités. 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. Le format le moins approprié est le diagramme sans instruction, ce qui confirme la nécessité pour les novices d'explications textuelles associées aux schémas. 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, 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 l'apprentissage.

5. Conclusion

Les travaux présentés ici nous semblent avoir un certain nombre de retombées sur la conception de documents numériques pour l'apprentissage :

- ainsi la présence d'illustrations explicatives est généralement bénéfique notamment pour des novices. Leur efficacité peut être accrue en facilitant leur mise en relation avec le texte par un système d'intégration spatiale, notamment sous forme de pop-up ;

- l'utilisation d'illustration dynamique fait encore l'objet de controverses. Les conditions dans lesquelles elles sont plus efficaces que des illustrations statiques ne sont pas encore clairement définies alors qu'elles représentent un investissement en termes de développement informatique plus important ;

- en revanche, les travaux réalisés sur l'effet de modalité montrent clairement que l'utilisation de la modalité auditive est préférable à la modalité visuelle pour fournir des explications à une source visuelle (schéma ou tableau par exemple). Cet effet de modalité ne doit pas laisser penser que l'utilisation systématique de plusieurs modalités sera bénéfique. Dans le cas précédent, le bénéfice ne sera réel que si les deux types d'informations comportent des liaisons réciproques ;

- de même, le fait de dupliquer une information dans plusieurs modalités peut entraîner très rapidement une surcharge du système cognitif (effet de redondance), notamment lorsque l'utilisateur n'a pas la possibilité de maîtriser le rythme de présentation des informations ;

- enfin, nous soulignons encore une fois la nécessité de prendre en compte le niveau de connaissance de l'utilisateur dans la thématique abordée. Généralement, les effets de formats de présentation sont particulièrement forts chez les novices. Les

documents doivent donc faire l'objet d'une attention particulière quand ils sont destinés à cette population. Néanmoins, il faut aussi garder à l'esprit qu'un format adapté à ce manque de connaissance peut s'avérer gênant lorsque les connaissances progressent ou lorsque d'autres utilisateurs sont « moins novices ».

L'exposé a été limité aux effets des illustrations et de la modalité. Ces travaux ne sont donc qu'un aperçu de ce champ de recherches en plein développement. Les quelques études présentées ici illustrent à notre avis l'intérêt qu'il y a à prendre en compte le fonctionnement de l'utilisateur dans le processus de conception. En nous centrant sur les contraintes imposées par le système cognitif lors du processus d'apprentissage, nous avons voulu montrer qu'un document conçu en prenant en compte ces limites peut s'avérer souvent plus efficace...

6. Bibliographie

- Baddeley A., *Working memory*, Oxford : Oxford University Press, 1986.
- Bétrancourt M., Bisseret A., « Integrating textual and pictorial information via pop-windows: an experimental study », *Behaviour and Information Technology*, 17 (5), 1998, p. 263-273.
- Bétrancourt M., Tversky B., « Effect of computer animation on users' performance: a review », *Le Travail Humain*, 4, 2000, p. 311-331.
- Cerpa N., Chandler P., Sweller J., « Some conditions under which integrated computer based training software can facilitate learning », *Journal of Educational Computing Research*, 15, 1996, p. 345-367.
- Chandler P., Sweller J., « Cognitive load theory and the format of instruction », *Cognition and Instruction*, 8, 1991, p. 293-332.
- Chi M.T.H., Glaser R., Rees E., « Expertise in problem solving », In R. Sternberg (Ed.), *Advances in psychology of human intelligence*, vol. 1, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1982, p. 7-76.
- De Groot A.D., *Thought and choice in chess*, The Hague: Mouton, 1965.
- Gaonac'h D., Larigauderie P., *Mémoire et fonctionnement cognitif : la mémoire de travail*, Paris : Armand Colin, 2000.
- Glenberg A. M., Langston, W. E., « Comprehension of illustrated text : Pictures help to build mental models », *Journal of Memory And Language*, 31, 1992, p. 29-151.
- Gyselinck V., « Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes », *L'Année Psychologique*, 96, 1996, p. 495-516.
- Hidrio C., Jamet E., « Effets d'une illustration dynamique et de présentations multiples sur l'apprentissage d'un document technique présenté oralement », *Psychologie Française*, 47(1), 2002a, p. 73-79.
- Hidrio C., Jamet E., « Comprehension of a spoken text: Effects of different types of illustrations », *Paper presented at the EARLI-SIG Conference on Multimedia Comprehension*, Poitiers, France, August, 2002b.

- Hidrio C., Jamet E., Le Bohec O., « Using dynamical illustrations and aural explanations in web sites: An application to a search engine's syntax », *Paper presented at the Eleventh European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE11) on Cognition, Culture and Design*, Catania, Italy, September 2002.
- Jamet E., « L'influence des formats de présentation sur la mémorisation », *Revue de Psychologie de l'Education*, 3, 1998, p. 9-35.
- Jamet E., « L'intégration spatiale d'éléments textuels et illustratifs améliore-t-elle la performance ? », *Revue d'intelligence artificielle : Les Interactions Homme-Système : perspectives et recherches psycho-ergonomiques*, 14, 2000, p. 167-188.
- Jamet E., « La compréhension des documents techniques : Quels effets du formats de présentation ? », *Actes du Colloque Ergo IA*, Biarritz, Estia, 2002a.
- Jamet E., « La conception de documents techniques peut-elle être améliorée par l'utilisation des nouvelles technologies ? », *Psychologie Française*, 47(1), 2002b, p. 33-40.
- Johnson-Laird P.N., *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1983.
- Kalyuga S., Chandler P., Sweller J., « Levels of expertise and instructional design », *Human Factors*, 40, 1998, p. 1-17.
- Kalyuga S., Chandler P., Sweller J., « Managing split, attention and redundancy in multimedia instruction », *Applied Cognitive Psychology*, 13, 1999, p. 351-372.
- Kalyuga S., Chandler P., Sweller J., « Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction », *Journal of Educational Psychology*, 92, 2000, p. 126-136.
- Kalyuga S., Ayres P., Chandler P., Sweller J., « The Expertise Reversal Effect », *Educational Psychologist*, 38, 2002, p. 23-31.
- Kintsch W., « The use of knowledge in discourse processing: A construction-integration model », *Psychological Review*, 95, 1988, p. 163-182.
- Kirschner P.A., « Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning », *Learning and instruction*, 12, 2002, p. 1-10.
- Le Bohec O., Jamet E., « Effet de redondance et effet de modalité », *Journées d'Etudes en Psychologie Ergonomiques, EPIQUE*, Nantes, octobre 2001.
- Le Bohec O., Jamet E., « Effet de redondance et prise de notes », in Desmoulin, C., Marquet, P., Bouhineau, D., *EIAH2003 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Actes de la conférence EIAH 2003, Strasbourg, 15,16 et 17 avril. Paris : INRP, 2003. (<http://archive.eiah.univ-lemans.fr/EIAH2003/>)
- Levie W. H., Lentz, R., « Effects of texts illustrations : A review of research », *Education Communication and Technology Journal*, 30, 1982, p. 195-232.
- Lowe R.K., « Extracting information from an animation during complex visual learning », *European Journal of Psychology of Education*, 14, 1999, p. 225-244.
- Mayer R., Heiser J., Lonn S., « Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding », *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 2001, p. 187-198.
- Mayer R. E., *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, 2001.

- Mayer R.E., Anderson R.B., « Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis », *Journal of Educational Psychology*, 83, 1991, p. 484-490.
- Mayer R.E., Anderson R.B., « The instructive animation : Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning », *Journal of Educational Psychology*, 84, 1992, p. 444-452.
- Mayer R.E., Moreno R., « A split-attention effect in multimedia learning : Evidence for dual processing systems in working memory », *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 1998, p. 312-320.
- Miller G. A., « The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information », *Psychological Review*, 63, 1956, p. 81-97.
- Moreno R., Mayer R. E., « Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity », *Journal of Educational Psychology*, 91, 1999, p. 358-368.
- Mousavi S.Y., Low R., Sweller J., « Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes », *Journal of Educational Psychology*, 87, 1995, p. 319-334.
- Palmiter S., Elkerton J., « Animated demonstrations for learning procedural computer-based tasks », *Human-Computer Interaction*, 8, 1993, p. 193-216.
- Park O., Hopkins E., « Instructional conditions for using dynamic visual displays : a review », *Instructional Science*, 21, 1993, p. 427-449.
- Reiber L.P., « Using computer animated graphics in science instruction with children », *Journal of Educational Psychology*, 82, 1990, p. 135-140.
- Schnotz W., « Sign systems, technologies, and the acquisition of knowledge », In J.-F. Rouet, J.J. Levonen, A. Biarreau (Eds.), *Multimedia learning: Cognitive and instructional issues*, London: Elsevier Science, 2001, p. 9-30.
- Schnotz W., Böckheler J., Grzondziel H., « Individual and co-operative learning with interactive animated pictures », *European Journal of Psychology of Education*, 2, 1999, p. 245-265.
- Sweller J., *Instructional design in technical areas*. Australian Education Review, 43, 1999.
- Sweller J., Chandler P., Tierney P., Cooper M., « Cognitive load as a factor in the structuring of technical material », *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 1990, p. 176-192.
- Sweller J., van Merriënboer J., Paas F., « Cognitive architecture and instructional design », *Educational Psychology Review*, 10(3), 1998, p. 251-296.
- Tindall-Ford S., Chandler P., Sweller J., « When two sensory modes are better than one », *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 1997, p. 257-287.
- Tricot A., « Charge cognitive et apprentissage. Une présentation des travaux de John Sweller », *Revue de Psychologie de l'Éducation*, 3, 1998, p. 37-62.
- Vetere F., Howard S., Redundancy effects in instructional multimedia systems. *Paper presented at the INTERACT' 99: IFIP TC, 13th International Conference on Human-Computer Interaction*. Edinburgh, Scotland, UK, 30th August – 3rd September 1999.