La compr hension des documents techniques : Quels effets du format de pr sentation˚?

Eric Jamet
Laboratoire de Psychologie Exp rimentale -CRPCC
Universit de Rennes 2
6, Avenue Gaston berger
35043 Rennes Cedex
France
Tel˚: 02/99/14/19/49
Eric.jamet@uhb.fr

R sum
L am lioration du format de pr sentation des informations dans les documents techniques est un moyen important de favoriser leur compr hension. Les avanc es technologiques r centes incitent d ailleurs de nouveaux efforts d analyse du potentiel des documents techniques lectroniques en terme de compr hension. En suivant les propositions de Richard Mayer, un ensemble de sept principes pour la conception de documents multim dias sera d velopp ici : principe multim dia, principe de contigu t spatiale, principe de contigu t temporelle, principe de redondance, principe de coh rence, principe de modalit et principe des diff rences individuelles.

Mots-cl s˚: Compr hension des documents techniques, conception de documents, apprentissage multimedia

Abstract
Optimizing documents design is an important way to promote understanding in technical area. Recent advances in technology have prompted new efforts to understand the potential of computerized technical documents as a mean of promoting learning. Following the propositions of Richard Mayer, a set of seven principles for the design of multimedia documents will be developed here: multimedia principle, spatial contiguity principle, temporal contiguity principle, redundancy principle, coherence principle, modality principle and individual differences principle

Keywords
Technical documents understanding, documents design, multimedia learning.

L utilisation de documents techniques est aujourd hui quasiment quotidienne pour chacun d entre nous˚: monter un meuble, baisser le volume d un t l phone portable, trouver la source d un dysfonctionnement informatique ou d une panne d lectrom nager sont autant de situations o nous sommes susceptibles d avoir recours des documents techniques explicatifs. Le premier probl me que nous ne traiterons pas ici concerne videmment le choix d utiliser ou non un document pour r soudre la situation. Le second est celui de l efficacit du document. Elle d pend bien sur de la quantit d informations fournie, de leur qualit mais aussi de la mani re dont elles sont pr sent es. Cette derni re caract ristique insiste en fait sur le design du document. Autrement dit, la question est de savoir s il est pr sent de mani re permettre une compr hension optimale de son contenu.

Nous pr senterons ici quelques travaux de psychologie cognitive relatifs cette probl matique. En s appuyant sur les connaissances accumul es sur le fonctionnement du syst me cognitif, ils ont pour objectif une meilleure compr hension des interactions entre le fonctionnement de ce syst me et la mani re dont l information est pr sent e. Il en est ainsi par exemple des illustrations qui seront b n fiques si certains crit res sont respect s. Il en est de m me de la modalit de pr sentation choisie, plus ou moins efficace en fonction par exemple de la pr sence d une illustration.

Ces travaux prennent toute leur importance avec les avanc es technologiques dans ce domaine. Les documents techniques lectroniques sont de plus en plus nombreux permettant ainsi l utilisation d illustrations dynamiques ou de documents multimodaux. Ce sont les conditions d efficacit de ces nouveaux m dias que nous nous proposons de d velopper ici .[1]

Dans un ouvrage r cent[2], Richard Mayer a propos un certain nombre de principes (voir tableau ci-dessous) respecter dans l laboration de documents explicatifs multim dias. Ces principes serviront de trame cette pr sentation qui sera compl t e par des travaux plus r cents.

principe	**Effet sur l apprentissage et la compr hension**
Principe multim dia	Effet positif de la pr sence d illustrations
Principe de contigu t spatiale	Effet positif de la proximit physique des sources d informations visuelles
Principe de contigu t temporelle	Effet positif de la proximit temporelle des sources d informations visuelles et orales
Principe de modalit	Effet positif de l utilisation de la modalit orale pour expliquer une source d information visuelle
Principe de coh rence	Effet positif de la suppression d informations non pertinentes pour l apprentissage (d tails, musique, etc.)
Principe de redondance	L utilisation d informations redondantes dans des modalit s diff rentes peut avoir un effet n gatif sur l apprentissage

Principe des diff rences interindividuelles	Les principes voqu s pr c demment sont li s des aptitudes qui varient d un individu l autre.

QUELQUES RAPPELS SUR LE FONCTIONNEMENT COGNITIF.

Sans entrer dans le d tail du fonctionnement cognitif impliqu par l utilisation de documents techniques, nous pr sentons ici quelques principes de base [3]. La compr hension et l utilisation de ces documents impliquent souvent le traitement d informations de sources vari es (texte, illustrations, glossaires, etc.). L'emploi de ces informations n cessite leur traitement perceptif et s mantique individuel mais aussi leur int gration dans des repr sentations de plus haut niveau. Les premiers traitements r alis s dans des m moires sensorielles sont d pendants de la modalit d entr e orale ou visuelle. Ces informations vont tre stock s de mani re temporaire dans la m moire de travail. L un des r les de ce syst me mn sique est la gestion des interactions entre les multiples informations fournies par le document et les connaissances stock es dans la m moire long terme de l utilisateur. Le mod le le plus classique de cette m moire [4] propose une distinction entre un syst me visuel de stockage, un syst me phonologique remplissant une fonction similaire pour des donn es verbales et un syst me de gestion des ressources de cette m moire. Ses principales caract ristiques sont un oubli rapide et une capacit limit e. Les ressources dont elle dispose doivent donc tre partag es entre˚:

- les informations qui sont en cours de traitement dans le document,
- celles qui ont t trait es un peu plus t t mais dont le maintien est n cessaire pour la compr hension de la situation,
- Les connaissances stock es en m moire long terme activ es par ce qui est trait dans le document,
- Et enfin les traitements effectuer pour apprendre et comprendre le document.

L utilisation d un document technique impose en effet de multiples op rations cognitives˚: reconnaissance dans le lexique des mots lus ou entendus, reconnaissance des objets illustr s, activation des connaissances, s lection et stockage en m moire des l ments pertinents de chacune des sources, int gration de ces diff rentes op rations dans une m me repr sentation, int gration avec les connaissances pr alables du lecteur (auditeur), compr hension des informations implicites dans le document. Cette liste non exhaustive illustre la complexit du processus et le poids que peuvent repr senter certains de ces traitements sur la m moire de travail.

La question que l on doit se poser concerne maintenant le document lui m me. La nature des informations utilis es, leur modalit de pr sentation ou leur emplacement sont-ils susceptibles de provoquer une charge suppl mentaire sur la m moire de travail˚? C est cette th se que d fendent beaucoup de chercheurs sp cialistes du domaine. Les d monstrations sont nombreuses et nous n en retiendrons que quelques unes avec un objectif˚: tenter de pr senter des travaux dont les retomb es nous semblent int ressantes pour de la conception et l utilisation de documents techniques.

LE PRINCIPE MULTIMEDIA

Ce principe souligne les contributions des illustrations la m morisation et la compr hension de textes. La premi re remarque concerne le type d illustrations discut ici°: les conclusions que nous formulerons concernent exclusivement les illustrations explicatives et non des fonctions de d coration ou de repr sentation de l illustration.

Deux types d illustrations explicatives peuvent tre distingu s. Les premi res sont statiques et sont constitu es d une ou plusieurs images illustrant par exemple le fonctionnement d un syst me ou une s rie de proc dures. Le second type d illustration est dit dynamique. Il s agit de ce que l on nomme classiquement des animations. Dans ces illustrations, le syst me est pr sent en mouvement. Il est clair que la distinction est parfois bien mince si l on multiplie le nombre d instantan s d une pr sentation statique.

Les apports des illustrations statiques la compr hension de documents sont maintenant relativement bien connus[5]. Dans ce type de travaux, un document constitu d une explication orale ou crite illustr e est compar un document constitu d une explication verbale seule. Les effets observ s sont de deux types. Ils concernent tout d'abord l'am lioration du rappel des l ments illustr s. La pr sence d une illustration a en effet des effets positifs sur le rappel ult rieur des l ments qu elle comporte. [6].

Le second type d'effet positif observ concerne plus sp cifiquement la compr hension du syst me. Elle est g n ralement valu e par des questions ou des probl mes relatifs l implicite du document. Il s agit de comprendre par exemple l origine d une panne alors qu elle n est pas d crite explicitement dans le document. Ce type de raisonnement inf rentiel est particuli rement important dans la compr hension du fonctionnement de syst mes techniques. La pr sence d une illustration permet une nette am lioration du taux de bonnes r ponses des questions de ce type [6.. L explication g n ralement propos e est relative aux repr sentations labor es pendant la compr hension de texte. Le traitement d un document passe par l laboration de repr sentations symboliques propres au langage de diff rentes natures. Certaines, g n ralement ph m res, sont constitu s des l ments linguistiques du document, d autres concernent son contenu s mantique. Ces derni res sont plus ou moins labor es en fonction des processus mis en place par le lecteur (auditeur)°: hi rarchisation des informations, condensations d informations proches, oubli d informations non pertinentes, etc°. Dans les mod les plus r cents de la compr hension, il est g n ralement admis qu un dernier niveau de repr sentation est labor . Ce niveau, nomm mod le mental ou mod le de situation, a une structure analogique au monde r el. Il peut par exemple prendre la forme d images mentales sans pour autant s y r duire. C est ce niveau que l interaction entre les connaissances fournies par le texte et celles du lecteur vont permettre l laboration d inf rences. La qualit de ce type de processus d pend donc des connaissances elles m mes. Ainsi, chez les novices, le raisonnement inf rentiel est de moins bonne qualit que chez des experts alors que ces deux groupes ne se distinguent pas lorsqu ils sont valu s sur les informations explicites du texte[7]. La structure analogique de ce dernier niveau de repr sentation fait videmment penser la nature des illustrations. On peut donc l gitimement faire l hypoth se que les illustrations peuvent permettre une laboration plus efficace du mod le mental. Cette proposition semble valid e par l effet positif des illustrations sur la r alisation d inf rences.

Les conclusions relatives la pr sence d illustrations statiques sont donc globalement positives. Il n en demeure pas moins que cette conclusion g n rale peut tre invalid e si un certain nombre de pr cautions ne sont pas prises au moment de la conception°:

L efficacit d une illustration d pend tout d abord de la pr sence d informations verbales compl mentaires. Des difficult s peuvent na tre de l absence de r f rents verbaux en m moire lorsqu ils ne sont pas pr sent s explicitement sur le document par un syst me de l gende ou de texte explicatif. L exemple le plus typique est le mode d emploi inutilisable parce que constitu uniquement d illustrations pour viter des frais de traduction. Une illustration sans explication verbale est souvent peu efficace, voire inutile[6]. A titre d exemple, une barre d ic nes dans un logiciel de courrier lectronique est moins efficace si elle est constitu e d ic nes seuls plut t que d ic nes accompagn s d une l gende. Ces effets se traduisent notamment en d but d apprentissage par des checs plus importants, des temps de r alisation plus longs et des recours l aide plus nombreux [8]. De m me, la compr hension de pictogrammes de s curit peut tre largement am lior e, notamment s ils sont complexes, par une phase d entra nement pendant laquelle les pictogrammes sont associ s des explications verbales [9]. Dans cette tude, des pictogrammes faciles et difficiles sont utilis s dans le domaine pharmaceutique (ne pas prendre si vous tes enceinte) ou industriels (sortie de secours). Des tests de compr hension sont effectu s aussit t apr s la pr sentation, apr s un apprentissage o quelques mots ou un texte explicatif sont associ s l image, puis une semaine ou 6 mois plus tard. L apprentissage permet de multiplier par 2 la performance (environ 80% au final) pour les pictogrammes difficiles et cet effet se maintient long terme.

Une autre raison de l inefficacit observ e de certaines illustrations est la difficult d int gration des informations fournies par l illustration avec les autres informations du document, notamment le texte, ou avec les propres connaissances du lecteur. Ils peuvent avoir pour source une densit d informations illustr es qui complique la mise en relation du texte avec les l ments du sch ma. Cette laboration de liens r f rentiels entre sources d informations dans les documents multim dias est primordiale. Tout ce qui pourra la faciliter aura des effets positifs sur l efficacit du document. Nous y reviendrons ult rieurement.

Les apports des illustrations d pendent aussi de leur caract re explicite dans la description d une proc dure. En effet, m me si nous avons soulign le caract re positif de la pr sence d une illustration dans la r alisation d inf rences, il ne faut pas penser que le simple fait de joindre une illustration va permettre la r alisation de toutes les inf rences n cessaires la r alisation de la proc dure. Ainsi, Novick et Morse [10] ont valu l efficacit d un diagramme final ou d une s quence d actions illustr es dans une t che de pliage de papier (origami). La s quence est plus efficace si le pliage est complexe. Cette sup riorit est li e aux inf rences (tapes non explicites) r aliser sur le diagramme plus qu au nombre d tapes de la proc dure elle m me.

L efficacit observ e des illustrations multiples dans cette tude peut conduire penser que des illustrations pr sentant explicitement les tapes d une proc dure en continu seront plus pertinentes. Les progr s technologiques permettent aujourd'hui de proposer des illustrations plus labor es qui r pondent cette demande°: les animations.

Les effets positifs de la pr sence d'illustrations dynamiques sur la compr hension de documents techniques sont d j largement attest s. La pr sence d'une animation accompagnant un document sonore facilite sa m morisation ainsi que r solution de probl mes de compr hension [11] par rapport une condition o le document sonore est pr sent seul.

Palmiter et Ekerton[12] ont test l efficacit de d monstrations anim es pendant l apprentissage d un logiciel de programmation. Les s ries d instructions r aliser dans les proc dures sont crites, anim es ou audiovisuelles (animations et explications orales). La pr sence d animations induit des performances plus lev es pendant la phase d apprentissage. En revanche, si les m mes preuves sont r alis es quelques jours plus tard, le texte proc dural se r v le plus efficace. Les auteurs proposent que l animation permettrait une r plication imm diate de l action mais entra nerait un traitement plus superficiel en m moire, impliquant une baisse des performances long terme.

La pr sence de d monstrations anim es serait donc particuli rement utile lorsque la t che implique de r aliser l action dans un d lai de quelques minutes apr s la d monstration. Partant de cette proposition, nous avons cherch optimiser sur ce principe l utilisation de l aide d un moteur de recherche Internet [13] dans le cadre d une coop ration avec un de nos partenaires industriels[14]. L aide fournit la base est crite. Elle pr sente le syst me de syntaxe de recherche utilis e par ce moteur. Nous avons compar les effets d une telle aide si elle est compl t e par une d monstration anim e (voir figure 1) qui illustre le processus de saisie de requ tes.

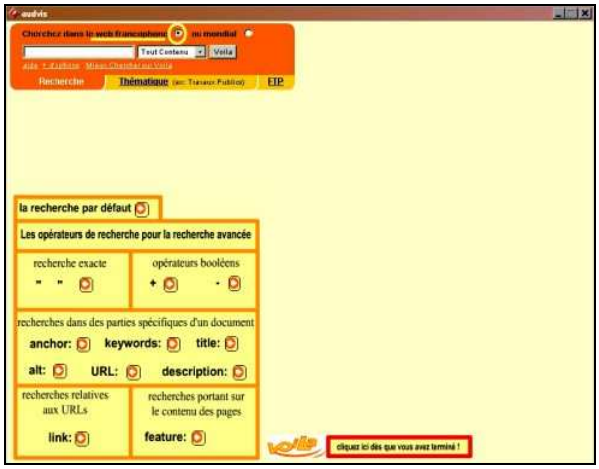

Figure 1 Interface de l aide auditive pr sent e avec une animation explicative (en haut gauche) .

Apr s une phase d apprentissage de l aide de quelques minutes, des utilisateurs novices sont plac s dans une situation de recherche d informations sur le Web. Le nombre de requ tes correctement effectu est mesur . La pr sence d une animation permet le passage d une proportion de r ponses correctes d un tiers la moiti des requ tes. La pr sence d une animation explicative ou de d monstration semble donc avoir un effet positif, si on la compare des conditions o elle est absente.

N anmoins, la comparaison des deux types d'illustration (statique vs dynamique) fournit des r sultats beaucoup plus mitig s. Une revue de questions r cente [15] souligne cette disparit et propose quelques recommandations ergonomiques. Sur les 12 tudes exp rimentales recens es, 7 seulement rapportent des b n fices li s l animation de l illustration. Les auteurs rel vent un certain nombre de crit res susceptibles d expliquer cette relative disparit de r sultats. Ils concernent le type de contenu transmettre, le niveau d interactivit , l objectif de l animation, son design et enfin la variabilit interindividuelle.

Des tudes plus r centes [16] d montrent m me que des illustrations statiques peuvent tre plus efficaces que des animations. L une des explications les plus souvent avanc es concerne la nature du traitement que vont mettre en ˇuvre les utilisateurs devant une

illustration statique. Pour comprendre le syst me, ils vont devoir souvent mettre en place des processus d animation mentale. Cette mise en place implique videmment une volont de la part de l utilisateur, qu il poss de les aptitudes pour le faire, nous y reviendrons, mais aussi que le document lui-m me soit suffisamment informatif pour que l animation mentale soit possible. Si toutes ces conditions sont remplies, l animation mentale qui est un processus actif d apprentissage, serait plus efficace que le traitement plus passif d une animation multim dia, notamment si la t che effectuer implique ensuite un tel processus dynamique.

Si l effet des illustrations est clairement tabli, le r le du dynamisme est donc beaucoup moins clair. Le b n fice des animations existe pourtant dans certaines tudes, l effort doit donc se porter maintenant sur la conception d animations plus efficaces, et mieux adapt es aux t ches pour lesquelles elles sont propos es plut t que d tre un simple argument commercial ou esth tique comme elle le sont trop souvent aujourd hui.

PRINCIPE DE CONTIGUITE SPATIALE

Le principe de contigu t spatiale s appuie de la capacit limit e de traitement de la m moire de travail, et plus exactement du sous-syst me visuel de cette m moire. L utilisation de sources d informations visuelles multiples (texte et illustration par exemple) peut entra ner un effet de partage attentionnel g nant pour l apprentissage [17]. On peut aussi faire l hypoth se que la lecture d un texte illustr doive tre constamment interrompue pour aller chercher dans le sch ma l l ment correspondant. Ces allers et retours peuvent tre suffisamment long pour qu une partie des l ments du texte soient beaucoup moins actifs en m moire de travail, voire tout simplement oubli s. Le rapprochement physique de ces sources d informations visuelles devrait permettre de limiter ces effets en facilitant la mise en relations des l ments textuels et illustr s et en diminuant le temps de recherche. De fait, l int gration spatiale des l ments textuels et illustr s permet une utilisation plus efficace du document dans des domaines vari s˚: apprentissage de notions d anatomie (voir figure suivante), de g om trie, d lectricit , ou d informatique[18]

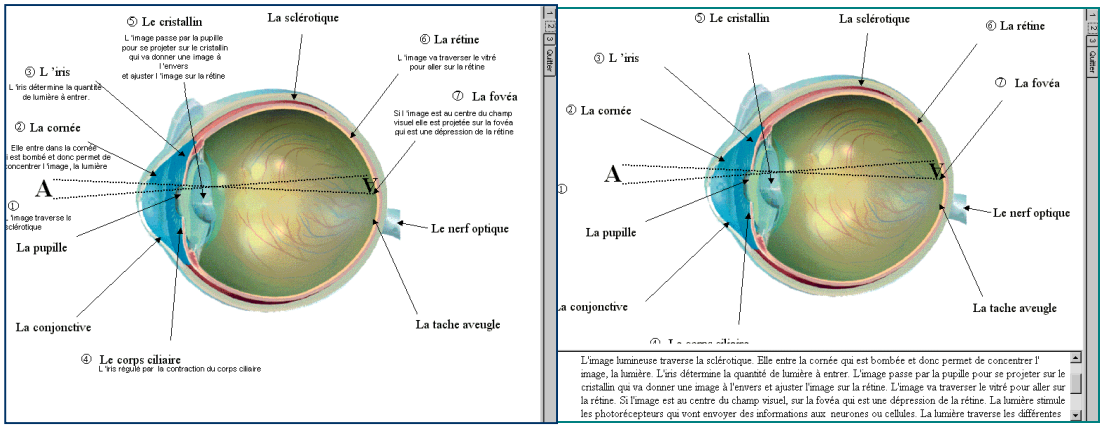

Figure 2 : Version int gr e et s par e des sch mas, d apr s Jamet (2000)

Si l int gration texte-illustration a g n ralement des effets b n fiques, elle a cependant un certain nombre de limites˚: l aspect esth tique du document est souvent tr s critiquable˚; la quantit d information textuelle est tr s limit e et l on contraint le lecteur lire toutes les informations textuelles m me s elles ne lui sont pas n cessaires.

L une des solutions ce probl me viendra peut- tre du d veloppement dans les documents lectroniques des pop-up. Ces fen tres ponctuelles apparaissent la suite d un clic ou d un passage de la souris sur un lien hypertexte l endroit o tait positionn le curseur. Il s agit donc d une forme d int gration spatiale qui n est pas soumise aux m mes limites que l int gration spatiale classique. L tude r alis e par B trancourt et Bisseret [19] d montre les avantages en terme d apprentissage de cette forme d int gration. Dans cette exp rience, des sch mas sur le fonctionnement d un syst me d vacuation des fum es sont propos s en version int gr e ou non. La qualit du rappel est sup rieure pour les fen tres ponctuelles. Dans une tude que nous venons de r aliser, nous retrouvons des r sultats similaires pour un document plus long. Les tudes sont ici peu nombreuses, mais l utilisation de ces info-bulles semble tout $ fait prometteuse.

PRINCIPE DE CONTIGU TE TEMPORELLE

Dans le mod le de Mayer, l int gration des informations issues de l illustration est r alis e en laborant des liens r f rentiels avec les informations textuelles correspondantes. Cette laboration est r alis e en m moire de travail et sa qualit d pend entre autres de la pr sence simultan e dans cette m moire de travail des diff rentes sources d informations. Les caract ristiques de cette m moire sont connues˚: capacit limit e de traitement et caract re temporaire du stockage des informations. Ces caract ristiques impliquent que des informations ont une probabilit importante de ne plus tre actives en m moire quelques secondes apr s leur traitement. Si les informations d un sch ma et d un texte doivent tre int gr es mentalement, la probabilit de leur co-activation en m moire de travail sera plus forte si elles sont pr sent es et trait es simultan ment dans le document.

Plusieurs exp riences r alis es au d but des ann es 80 ont test cette hypoth se en pr sentant de mani re synchrone ou successive des l ments visuels et leurs commentaires sonores[20]. Plus r cemment, c est l quipe de Mayer qui a reproduit cet effet en utilisant des animations multim dias .[21]. Elles d montrent toutes la sup riorit d une pr sentation simultan e des informations visuelles et orales.

Dans une s rie d tudes r centes s appuyant sur ce principe, nous avons tent de l optimiser dans une situation de pr sentation synchrone d l ments explicatifs illustr s et oraux. Ce type de pr sentation est consid r comme permettant d j un traitement contigu. La recherche des l ments illustr s correspondant au discours peut tre n anmoins suffisamment longue dans un sch ma complexe pour que le traitement des deux sources soit asynchrone. Si les l ments du graphique sont pr sent s s quentiellement au moment o ils sont voqu s l oral, cette mise en correspondance devrait tre facilit e. Nous avons test cette hypoth se [22] en comparant des versions s quentielles des versions statiques de sch mas explicatifs (voir figure 2)

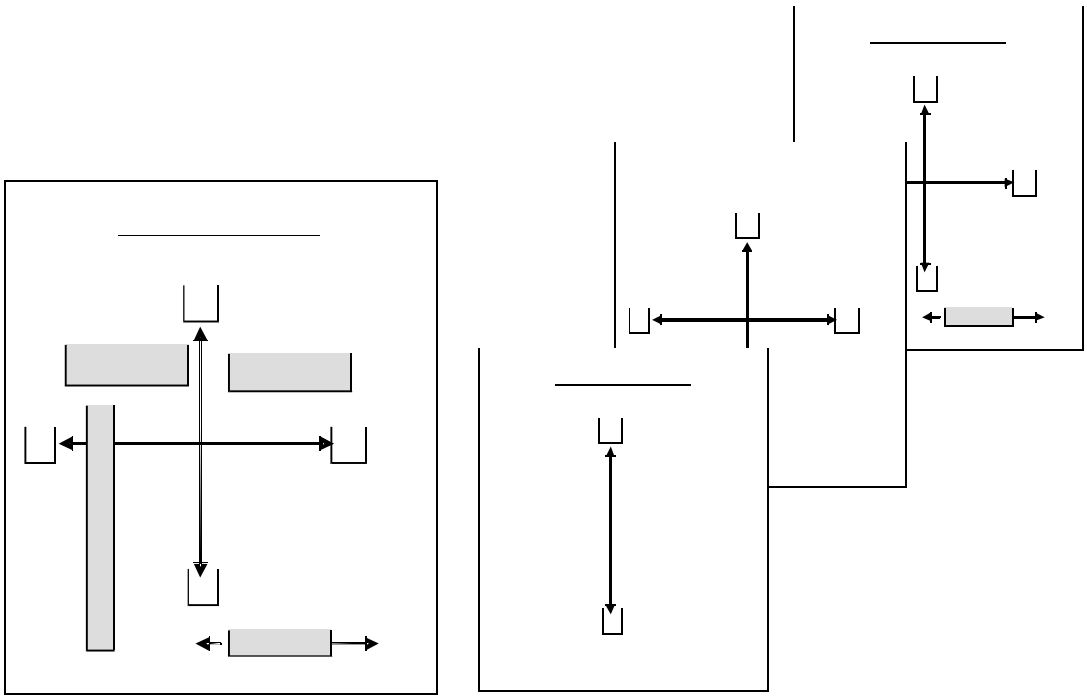

Figure 3 : versions statique et s quentielle (exemples) des sch mas

Les r sultats que nous observons confirment nos hypoth ses en d montrant la sup riorit du format s quentiel tant au niveau de la m morisation des l ments du document que de la r alisation d inf rences. Pour conclure sur ce principe, on peut donc recommander de proposer les l ments oraux simultan ment aux graphiques et de faciliter ce traitement contigu en mettant en saillance l l ment visuel au moment o il est voqu dans l explication.

PRINCIPE DE MODALITE

Nous avons constat que l int gration spatiale tait une solution int ressante pour pallier la difficult de traitement de sources d informations multiples visuelles. Les documents lectroniques offrent une autre possibilit , celle de l utilisation du canal auditif pour pr senter certaines des informations. Cette utilisation optimis e des modes d entr es du syst me cognitif devrait permettre une meilleure r partition des ressources cognitives et permettre un traitement plus synchrone des deux sources d informations. Les comparaisons de documents comportant une s rie d information crite accompagnant un sch ma une version des documents o les informations explicatives du sch ma sont propos es l oral montrent une sup riorit des documents audiovisuels. L effet est par exemple observ pour des documents de type sch mas lectriques destin s des apprentis [23]° ou pour des animations expliquant la formation des clairs [24]. Dans la premi re tude cit e, l effet n appara t pas pour un mat riel simple (des repr sentations de composants avec leur d signation). Souvent les effets de formats apparaissent pour des documents suffisamment complexes pour imposer une charge lev e sur la m moire de travail. A titre d exemple, l tude que nous avons r alis e sur la syntaxe de recherche du portail Internet comportait aussi une version auditive de l explication pour accompagner les animations. Nous n avons mis en vidence aucune diff rence entre les versions unimodales et multimodales.

Les effets de modalit pr c demment cit s concernent des documents illustr s. Il ne faut pas g n raliser ces recommandations des documents non illustr s. En effet, la

m morisation de textes longs de ce type est souvent meilleure lorsqu ils ont t lus, notamment en fonction du contr le qu exerce le lecteur sur sa prise d informations (possibilit de ralentir, de faire des retours en arri re par exemple) [25]. Pour des instructions courtes, la modalit orale peut tre recommand e pour une utilisation imm diate des informations. Cette modalit a aussi l avantage de permettre un traitement sensoriel n exigeant pas que l utilisateur fixe son attention au pr alable sur la source d information comme en modalit visuelle.

En termes de recommandations, il est donc pr f rable d utiliser des informations verbales orales pour accompagner d autres sources visuelles ou pour utiliser une information verbale seule imm diatement. La modalit crite sera pr f rable pour des textes longs, ou quand, plus simplement, l environnement sonore cr e par le document ou son environnement compromet toute utilisation efficace de l oral. Ces recommandations sont bien videmment g n rales et de multiples situations sp cifiques impliquent de les moduler˚: utilisateurs faiblement lettr s ou jeunes, handicap sensoriel, environnement sonore bruyant, etc.

PRINCIPE DES DIFFERENCES ENTRE INDIVIDUS

Pour comprendre un syst me m canique pr sent sur un sch ma, il est souvent n cessaire de l animer mentalement. Deux chercheurs [26]de l universit de Santa Barbara ont valu les aptitudes visuospatiales d un groupe d tudiants avec des tests classiques impliquant des preuves de manipulation mentale de formes ou de pliages. Ils ont ensuite contrast deux groupes d tudiants sur la base de cette aptitude, un groupe fort et un groupe faible. On propose ensuite ces deux groupes des preuves de v rification de phrases partir de sch mas compos s de syst mes complexes de poulies. Le groupe ayant les plus faibles aptitudes visuospatiales prouve des difficult s importantes pour v rifier les phrases impliquant une animation mentale (par exemple˚: la poulie de gauche va tourner de gauche droite). Ce type d animation mentale, primordial pour la compr hension d un syst me technique, semble donc tre d pendant des capacit s visuospatiales des individus.

Ces m mes aptitudes semblent pr dire aussi les b n fices de l effet de contigu t temporelle que nous avons d j voqu . Mayer et Sims[27] ont ainsi d montr que les b n fices de pr sentation simultan e d une animation et de son explication sont nettement plus importants pour les individus les plus efficients dans les preuves visuospatiales.

Des diff rences importantes apparaissent aussi dans le niveau de connaissances pr alables des utilisateurs de documents techniques. Les effets de formats de pr sentation seront li s ces connaissances. Tout d abord, ces effets sont souvent observ s chez des novices. Il en est ainsi des effets positifs de l illustration[28˚]; de l int gration texte-image [29] ou des effets de modalit [30] qui disparaissent souvent avec l expertise. L une des cons quences de l expertise est l laboration en m moire de sch mas. Ces structures d organisation de l information (par exemple les tapes d une proc dure technique) peuvent tre facilement voqu es par l expert avec un co t en m moire de travail tr s faible. Chez un novice, la surcharge que peut provoquer l activation d informations multiples en m moire de travail est aggrav e par un mauvais format de pr sentation. Chez l expert, l activation de sch mas en m moire peut permettre une gestion plus ais e de ce m me format. Une am lioration de ce dernier n aura donc pas n cessairement d effet.

De m me, on sait que le raisonnement inf rentiel est aussi tr s difficile pour le novice alors qu il l est beaucoup moins pour l expert. Les illustrations qui peuvent tre une aide importante pour la r alisation d inf rences auront donc un r le primordial pour les

novices uniquement. Leur effet diminuera au fur et mesure que la qualit de ce raisonnement s am liorera avec l augmentation des connaissances.

Nous avons voqu jusqu pr sent une disparition des effets de formats avec l augmentation des connaissances. Ces effets peuvent aussi s inverser˚: des formats utiles des novices peuvent aussi tre g nants pour des experts. Le risque consiste en fait cr er de la redondance entre le document et les connaissances de l utilisateur expert et donc l entra ner traiter des informations inutiles.

PRINCIPE DE REDONDANCE

L effet de redondance que nous venons d voquer peut avoir deux origines˚: la r p tition d informations dans le document ou l inutilit , voire le caract re g nant de certaines informations parce qu elles sont connues de l utilisateur.

La r p tition d informations sous diff rentes formes est g n ralement b n fique pour l apprentissage. Cette duplication des informations peut malheureusement avoir des effets n gatifs si elles entra nent une surcharge en m moire de travail. Une tude de l quipe de John Sweller a ainsi montr que la suppression de certaines l gendes redondantes avec les fl ches d un sch ma permettait une am lioration des performances [31]. La m me quipe a pu montrer que le fait de dupliquer l crit un commentaire oral accompagnant un sch ma avait des effets n gatifs. Le m me type d effet a t mis en vidence pour des animations multim dias˚: l ajout l crit du commentaire oral entra ne une baisse des performances[32].

Nous avons mis en vidence un effet similaire dans une tude que nous venons de r aliser sur des documents de type diaporama informatis . Ce type d outil combine des explications orales des informations crites sur l cran. L utilisation d une redondance totale entre ce qui est dit et ce qui est crit est moins efficace que l utilisation d une simple explication orale [33] . Ici c est probablement la surcharge li e au traitement de l crit dans un temps de traitement impos par l oral qui explique cet effet. Il faut donc rester prudent quant une g n ralisation de ces r sultats une situation o l utilisateur ma triserait le rythme de pr sentation de chaque phrase dans un syst me plus interactif. Il ne faut donc pas en conclure que la suppression syst matique de l crit accompagnant une explication orale aura des effets positifs. Par exemple; lorsque le texte explicatif est simple, la suppression de l crit peut avoir des effets n gatifs. Dans une exp rience r alis e sur le portail Internet pr c demment cit [14], la m morisation des services offerts par le site tait tr s peu diff rente en situation unimodale, qu elle soit orale ou crite, ou multimodale redondante. Ce type de pr sentation redondante doit faire l objet de nouvelles analyses, mais il est d j clair au regard des r sultats existants qu il semble pr f rable de l viter pour des documents complexes impliquant notamment des illustrations.

La redondance est bien s r li e aussi au degr de connaissances de l utilisateur. Une information peut devenir inutile du simple fait qu elle est connue et donc cette fois redondante avec les savoirs de l individu. Une exp rience r cente r alis e par une quipe australienne illustre les deux types de redondance que nous venons de citer.[34]

Des apprentis sont confront s un document multim dia portant par exemple sur la d marche suivre dans une proc dure de per age des m taux. Les instructions suivre sont pr sent es cot d un diagramme associant le diam tre du foret, la vitesse de rotation de la perceuse et la nature des m taux. Les instructions peuvent tres absentes, crites, orales ou

pr sent es dans ces deux modalit s simultan ment. L apprentissage du document est valu une premi re fois, puis une seconde apr s une phase d entra nement. Lors de la premi re valuation°, le format associant le diagramme des instructions orales est le plus efficace. Ceci est conforme l effet de modalit voqu plus en avant. Conform ment a ce que nous avons expos , le format redondant est moins efficace (principe de redondance). Le format le moins appropri est le diagramme sans illustration, ce qui confirme la n cessit pour les novices d explications textuelles associ s aux sch mas (cf. partie principe multim dia). Lors de la seconde valuation, 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 redondante avec leurs connaissances. Au final, ce document qui tait le moins efficace en d but d apprentissage s av re tre le plus int ressant non seulement parce qu il permet des performances relativement bonnes mais aussi parce qu il a t trait beaucoup plus rapidement que les autres documents pendant l apprentissage.

PRINCIPE DE COHERENCE

Trop d information tue l information. Cette affirmation pourrait r sumer ce dernier principe. Le traitement d informations non pertinentes pour la compr hension, des d tails, des anecdotes, des sons est en effet susceptible d entra ner une utilisation moins efficace du document. Les travaux de Mayer illustrent par exemple l effet n gatif de d tails ajout s dans le but de provoquer l int r t de l auditeur, par exemple, les statistiques d accident dans une animation explicative sur la foudre[35]. Ils d montrent aussi les effets positifs de la concision sur le rappel d un texte explicatif[36].

D autres tudes d montrent des performances moindres lorsque l apprentissage est r alis dans un environnement sonore. Le traitement irr pressible d un fond sonore vocal non pertinent (musique, sons) par la m moire de travail perturbe par exemple le rappel dans l ordre d l ments ou la compr hension de phrases [37] et ce m me si la source principale d informations est crite. Il existe dans cette interf rence une composante phonologique - des sons non-linguistiques ne sont pas g nants- mais aussi s mantique . Un environnement vocal issu d une langue trang re est moins interf rant qu un fond sonore de la langue maternelle[38]. Ces r sultats prennent toute leur importance l heure o les algorithmes de compression sonore permettent la sonorisation de nombreux documents lectroniques. On ne peut donc qu inciter la prudence les concepteurs de documents dont l objectif serait la compr hension ou la m morisation. En revanche, rien ne permet l heure actuelle de faire des conclusions similaires pour une utilisation diff rente°: recherche d information ou navigation dans un site par exemple.

CONCLUSION

Cette pr sentation de quelques travaux issus de la psychologie cognitive est bien videmment non exhaustive. Les travaux s lectionn s illustrent notre avis la n cessit de prendre en compte les caract ristiques cognitives de l utilisateur d s le d but de la conception des documents techniques. Les limites de la m moire de travail ou les effets du manque de connaissances pr alables sont autant de facteurs susceptibles de compromettre la compr hension de documents techniques. Ils sont relativement ind pendants du concepteur, de l industriel ou du formateur. En revanche, l utilisation d informations non pertinentes ou mal agenc es sont des sources de difficult s qui peuvent tre vit es avec

des retomb es directes sur la compr hension, mais aussi et il ne faut pas l oublier sur la fr quentation des hotlines, ou des services apr s vente ..

REFERENCES ET NOTES

[1] Pour une presentation centr e sur les avantages des documents lectroniques voir°: Jamet E. (2002) La conception de documents techniques peut-elle tre am lior e par l'utilisation des nouvelles technologies ?*Psychologie Fran aise, 47(1).*

[2] Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.

[3] Le lecteur int ress pourra consulter le Num ro sp cial de Psychologie Francaise 2002 consacr au documents techniques

[4] Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford : Oxford University Press.

[5]Gyselinck V. (1996) Illustrations et mod les mentaux dans la compr hension de textes . *L'ann e Psychologique*, 96, 495-516

[6]Mayer R.E. (1989). Systematic thinking fostered by illustration in scientific text. (1989), *Journal Of Educational Psychology, 81(2), 240-246.*

[7] Tardieu, H. Ehrlich M.F. & Gyselinck, V. (1992) Levels of representation and domain specific knowledge in comprehension if scientific texts, *Language and cognitive processes*, 7, 335-351

[8] Wiedenbeck, S. (1999) The use of icons and labels in an end user application program: An empirical study of learning and retention. *Behaviour and Information Technology*. Vol 18(2): 68-82

[9] Wogalter, M., Sojourner R.J. & Brelsford J. Comprehension and retention of safety pictorials, *Ergonomics*, 40, 5, 531-542

[10] Novick,L.; Morse L. Folding a fish, making a mushroom: The role of diagrams in executing assembly procedures. *Memory-and-Cognition*.; Vol 28(7): 1242-1256

[11] Mayer, R.E. & Anderson, R.B. (1992). The instructive animation°: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 84*, 444-452.

[12] Palmiter, S., & Elkerton, J. (1993). Animated demonstrations for learning procedural computer-based tasks, *Human-Computer Interaction, 8*, 193-216.

[13] Hidrio, C., Jamet, . & Le Bohec, O. (2002). Using dynamical illustrations and aural explanations in web sites: An application to a search engine s syntax. Accepted Visual Presentation at the Eleventh European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE11) on Cognition, Culture and Design. Catania, September 2002

[14] Convention de recherches n¡001b934 entre France Telecom Recherches et D veloppement et le CRPCC.

[15] B trancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users'performance: a review. *Le Travail Humain*., 4, 311-331

[16] Jamet E. (2002) La conception de documents techniques peut-elle tre am lior e par l'utilisation des nouvelles technologies ? *Psychologie Fran aise, 47(1).*pour une pr sentation

[17] Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction, 8,* 293-332.

[18] Ces travaux ont t r alis s majoritairment en australie par l quipe de J. sweller. Pour une revue°: Tricot, A. (1998). Charge cognitive et apprentissage. Une pr sentation des travaux de John Sweller. *Revue de Psychologie de l' ducation* , 3, 37-62.

[19] B trancourt, M. & Bisseret, A. (1998). Integrating textual and pictorial information via pop-windows: an experimental study. *Behaviour and Information Technology*, 17 (5), 263-273

[20] Baggett, P. (1984). Role of temporal overlap of visual and auditory material in forming dual media associations. *Journal of Educational Psychology*, *76*, 408-417

[21] Mayer, R.E. & Anderson, R.B. (1992). The instructive animation˚: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 84*, 444-452.

[22] Jamet et Boucher (soumis) Les effets de pr sentation s quentielle sur l apprentissage de documents lectroniques multim dias. Colloque international sur le document lectronique. Hammamet, octobre 2002.

[23] Tindall-Ford, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*, 257-287.

[24] 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.

[25] Jamet E. (1998) L influence des formats de pr sentation sur la m morisation, *Revue de Psychologie de l ducation.*

[26] Hegarty,M. & Sims, V. (1994) Individual differences in mental animation during mechanical reasoning. *Memory and Cognition*.Vol 22(4): 411-430

[27] Mayer R.E., & Sims K˚. S. (1994). For whom is a picture worth ten thousands words˚? Extensions of dual coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 86(3),* 389-401.

[28] Mayer, R.E., & Anderson, R.B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, *83*, 484-490.

[29] Jamet E. (2000) L'int gration spatiale d' l ments textuels et illustratifs am liore-t-elle la performance? *Revue d'intelligence artificielle* : Les Interactions Homme-Syst me : perspectives et recherches psycho-ergonomiques. 14, 167-188

[30] Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors, 40*, 1-17.

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

[32] Mayer R.E. & Moreno R. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity, *Journal of Educational Psychology, 91(2),* 358-368.

[33] Le Bohec et˚Jamet (2002) Quantity of visual redundant information in the use of multimedia lessons, paper accepted at the SIG meeting on ˙˚multimedia comprehension, Poitiers, 2002

[34] Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 126-136

[35] Mayer R.; Heiser J. & Lonn S. Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding˚, *Journal of Educational Psychology,* Vol 93(1): 187-198

[36] Mayer, R. , 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,* 64-73.

[37] Tremblay, S., Nicholls, A. Alford D., Jones,D. (2000) The irrelevant sound effect: Does speech play a special role *? Journal of Experimental Psychology: Learning,Memory, and Cognition*. Vol 26(6): 1750-1754

[38] 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.