

moins *c'est souvent mieux*

GUIDE DES PRINCIPES
D'ENSEIGNEMENT MULTIMÉDIA
ÉLABORÉS À PARTIR DE RECHERCHES
EN PSYCHOLOGIE COGNITIVE



Clermont Gauthier
Véronique Jobin

pul

Facebook : La culture ne s'hérite pas elle se conquiert

Moins
c'est souvent mieux

Page laissée blanche intentionnellement

Moins *c'est souvent mieux*

GUIDE DES PRINCIPES D'ENSEIGNEMENT MULTIMÉDIA
ÉLABORÉS À PARTIR DE RECHERCHES EN PSYCHOLOGIE COGNITIVE

par Clermont GAUTHIER
Véronique JOBIN

Université Laval

Les Presses de l'Université Laval reçoivent chaque année du Conseil des Arts du Canada et de la Société d'aide au développement des entreprises culturelles du Québec une aide financière pour l'ensemble de leur programme de publication.

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise de son Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour nos activités d'édition.

Mise en pages: Diane Trottier

Maquette de couverture: Mariette Montambault

ISBN: 978-2-7637-8754-1

© Les Presses de l'Université Laval 2009

Tous droits réservés. Imprimé au Canada

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2009

Les Presses de l'Université Laval

Pavillon Maurice-Pollack

2305, de l'Université, bureau 3103

Québec, (Québec) G1V 0A6

Canada

www.pulaval.com

Table des matières

Introduction	1
Comment lire ce guide?	11
Comment favoriser l'apprentissage à partir du multimédia?	13
Principe 1 – Le principe multimédia.....	14
Comment présenter le contenu?	19
Principe 2 – Le principe de l'attention divisée	20
Principe 3 – Le principe de modalité	25
Principe 4 – Le principe de redondance	28
Principe 5 – Le principe de segmentation	31
Principe 6 – Le principe de cohérence.....	34
Principe 7 – Le principe de personnalisation	37
Quelles stratégies d'enseignement employer?	41
Principe 8 – Le principe de la découverte guidée	42
Principe 9 – Le principe de l'exemple ciblé	47
Principe 10 – Le principe de collaboration.....	52
Principe 11 – Le principe de l'auto-explication.....	57
Comment utiliser les outils informatisés?.....	61
Principe 12 – Le principe d'animation.....	62
Principe 13 – Le principe de navigation	65
Principe 14 – Le principe de la carte du site	70

Comment prendre en compte les caractéristiques des apprenants? ...	75
Principe 15 – Le principe des connaissances antérieures	76
Principe 16 – Le principe du vieillissement cognitif	81
Petit guide pratique pour appliquer les principes d'enseignement multimédia	85
Aide-mémoire : liste des principes d'enseignement multimédia	87
Répertoire : quelques exemples pratiques	89

Introduction¹

On a fêté les trente-sept ans d'Internet en 2006. D'abord réservée à l'armée puis aux universités, la Toile est devenue en peu de temps un élément indispensable de la vie de l'ensemble des citoyens. Le nombre d'internautes est passé de quelques 16 millions en 1995 à près de 700 millions cette année et plus de 550 milliards de documents y circulent actuellement. Les TIC font désormais partie intégrante de notre vie quotidienne à un point tel que le Canada se classe en tête des *États-Internet* de la planète. Même si, selon une récente étude de l'OCDE (2004), les TIC tardent à faire partie du paysage scolaire en dépit d'investissements importants consentis au cours des dernières années, la pression est grande pour que les enseignants les utilisent dans leur classe.

Pourtant, il y a lieu de se demander si nous serons capables d'écouter les leçons d'un siècle d'erreurs sur le plan de l'application des technologies en éducation. Ne sommes-nous pas en effet en train de reproduire les étapes du cercle vicieux des innovations technologiques à l'école qui ont eu cours tout au long du XX^e siècle? À ce sujet, on se rappellera les propos de Thomas Edison qui prédisait en 1922 que le film (cinéma) allait révolutionner l'éducation et même supplanterait l'utilisation du livre dans les écoles (Cuban, 1986). Pourtant les enseignants utilisent peu fréquemment les films dans leurs classes. Il en a été de même avec la radio. On prédisait également que l'enseignement par la radio allait être intégré à la vie de l'école et chaque classe aurait son appareil et pourrait bénéficier de l'enseignement des meilleurs enseignants au monde. Résultat: la radio n'a pratiquement pas été utilisée par les enseignants. Il

1. Cette introduction est une adaptation de l'article intitulé *L'intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques en milieu francophone minoritaire: tendances et défis*, par Clermont Gauthier avec la collaboration de Mario Richard et de Steve Bissonnette: http://www.ctf-fce.ca/fr/issues/francaise/articleticfceclermont_gauthier.pdf

en fut de même pour la télévision à l'école qui a connu ses heures de gloire durant les années soixante et soixante-dix mais n'est pratiquement plus utilisée de nos jours par les enseignants.

Il semble que les diverses innovations technologiques à l'école soient toutes passées par le même processus comprenant une première étape annonçant une révolution pédagogique, suivie d'une phase de course à l'adoption de cette technologie par les écoles pour finalement aboutir à une période de désenchantement lorsqu'on s'est rendu compte que les espoirs et promesses n'étaient finalement pas au rendez-vous. Les TIC à l'école connaîtront-elles le même sort que celui qui a été réservé au film, à la radio ou encore à la télévision ? Espérons que non.

Si les performances de ces technologies à l'école ont été plutôt décevantes, c'est sans doute parce qu'elles ont été pensées d'abord d'un point de vue technologique et non pas d'un point de vue pédagogique. Penser les TIC d'un point de vue pédagogique, c'est postuler que les : *« multimedia designs that are consistent with the way the human mind works are more effective in fostering learning than those that are not »* (Mayer, 2005, p. 8). Dans cette perspective, il convient de se demander comment l'esprit humain fonctionne.

L'APPORT DES SCIENCES COGNITIVES

Il est maintenant généralement accepté dans la communauté des chercheurs en psychologie cognitive que les êtres humains possèdent et utilisent plusieurs types de mémoire. On distingue habituellement la mémoire sensorielle, la mémoire de travail et la mémoire à long terme. Chacune a ses caractéristiques et ses fonctions et les trois sont intimement reliées.

Alors que la *mémoire sensorielle* est utilisée pour percevoir l'information de nos sens, la *mémoire de travail* est celle qui correspond à la conscience. La capacité de la mémoire de travail est cependant fort limitée, n'étant capable de traiter qu'entre 5 et 9 nouveaux éléments d'information à la fois, et ce, pour une durée limitée à une trentaine de secondes. La mémoire de travail sert d'interface entre la mémoire sensorielle et la mémoire à long terme.

Notre conception de la *mémoire à long terme* a beaucoup changé ces dernières années. On ne peut plus la penser comme un amoncellement d'informations éparses ni comme une composante secondaire de la

cognition et de la résolution de problèmes. Au contraire, la mémoire à long terme peut être considérée comme la structure centrale et dominante de la cognition humaine. La mémoire à long terme renvoie à l'immense réservoir de connaissances stockées au fil des ans et accessibles au besoin. Par exemple, savoir lire, écrire, nager, jouer aux échecs, marcher ainsi que tous les autres apprentissages que nous avons réalisés sont emmagasinés dans notre mémoire à long terme. On estime par exemple que les grands maîtres aux échecs ont mémorisé au-delà de 100 000 configurations de tableaux de parties. C'est ce réservoir de savoirs et de savoir-faire qui constitue l'expertise. Dans la mesure où elles sont réactivées régulièrement, les connaissances et habiletés bien maîtrisées qui sont stockées dans la mémoire à long terme peuvent être ramenées dans la mémoire de travail et utilisées avec un minimum d'effort de concentration, et ce, même face à une tâche complexe.

L'apprentissage peut être défini comme une altération de la mémoire à long terme. Si rien n'a été modifié dans la mémoire à long terme à la suite d'un enseignement, rien n'a en fait été appris. Une altération peut être représentée comme un nouveau schéma qui permet de regrouper de multiples éléments d'information. Ce sont ces schémas dans la mémoire à long terme qui dirigent la manière selon laquelle est traitée l'information dans la mémoire de travail. Ils indiquent ce qui devrait être fait, quand et comment cela devrait être fait. La compréhension se produit quand tous les éléments d'information peuvent être traités simultanément dans la mémoire de travail. La mémoire de travail s'appuie donc sur ce qui a été emmagasiné dans la mémoire à long terme.

Les limites de la mémoire de travail ont ainsi un impact direct sur le processus d'enseignement-apprentissage. Une situation d'apprentissage demande aux apprentis d'appréhender de nouvelles informations à partir d'une structure dont la capacité de traitement est si limitée que l'enseignant devrait constamment porter attention à la surcharge d'informations (cognitive overload situation). *Many instructional design recommendations do ignore working memory limitations. As an example, any inquiry-based instructional design inevitably places a heavy load on working memory.* (Sweller, dans Mayer 2005, p. 21).

À titre d'exemple, on se rappellera tous les efforts de concentration qu'il a fallu déployer pour maîtriser la conduite d'une automobile manuelle jusqu'à ce que le schéma « conduire une auto manuelle » soit enfin maîtrisé et stocké dans la mémoire à long terme. On constate aussi l'importante charge cognitive que demande la familiarisation à une page

d'un site web comprenant plusieurs boutons de navigation ouvrant sur des pages contenant du texte, d'autres sur des images ou encore du son. En quelques minutes l'écran de l'ordinateur est rempli de fenêtres ouvertes et on se retrouve vite submergé sans qu'il y ait eu de véritable apprentissage. S'il n'y a pas de procédures de guidage, l'apprenant devra explorer longtemps pour tester les boutons avant de trouver la procédure appropriée. *All inquiry-based learning depends on a random generation followed by effectiveness testing procedure. It is likely to be a long, slow, and ineffective procedure for acquiring knowledge.* (Sweller, dans Mayer, 2005, p. 23).

LES LIMITES DES APPROCHES PAR DÉCOUVERTE

Les débats au sujet de l'importance de la guidance en situation d'apprentissage ont occupé la scène depuis au moins cinquante ans. D'un côté se rangent ceux qui prétendent qu'on apprend mieux dans un environnement non dirigé, habituellement défini comme celui dans lequel l'apprenant doit découvrir et construire l'information essentielle pour lui. De l'autre côté se retrouvent ceux qui soutiennent que l'on doit fournir un enseignement direct et précis des concepts et procédures d'une discipline donnée que les apprenants novices ne doivent surtout pas découvrir par eux-mêmes. L'approche non directive se retrouve sous des appellations aussi variées que *discovery learning*, *problem-based learning*, *experiential learning* ou *constructivist learning*. Les partisans de cette approche soutiennent que le guidage interfère avec les processus naturels par lesquels les apprenants, par le biais de leur propre style d'apprentissage, peuvent construire de nouvelles connaissances plus contextualisées qui leur permettront d'atteindre leurs buts.

Comme le mentionnent Kirschner, Sweller et Clark (2006, p. 3), « *Any instructional procedure that ignores the structure that constitute human cognitive architecture is not likely to be effective. Minimally guided instruction appears to proceed with no reference to the characteristics of working memory, long term memory or the intricate relation between them* ». La connaissance de la structure des mémoires et de leur relation a un impact direct sur la planification des situations d'apprentissage. Les mêmes auteurs soulignent que : « *Inquiry-based instruction requires the learner to search a problem space for problem-relevant information. All problem-based searching makes heavy demands on working memory. Furthermore, that working memory load does not contribute to the accumulation of knowledge in long-term memory because while working memory is being used to search for problem solutions, it is not available and cannot be used to learn.*

Indeed, it is possible to search for extended periods of time with quite minimal alterations to long-term memory. The goal of instruction is rarely simply to search for or discover information. The goal is to give learners specific guidance about how to cognitively manipulate information in ways that are consistent with a learning goal, and store the result in long-term memory. » (2006, p. 5).

Dans cette perspective, il semble fondé de soutenir que si le constructivisme propose une description appropriée de l'apprentissage les conséquences pédagogiques qui en découlent sont par contre erronées.

UNE TENDANCE DOMINANTE MAIS PEU PROMETTEUSE D'APPLICATION PÉDAGOGIQUE DES TIC

Cependant, la tendance dominante en éducation actuellement, est de faire la promotion de pédagogies par découverte. Kirschner, Sweller et Clark indiquent que : « *Yet many educators, educational researchers, instructional designers, and learning materials developers appear to have embraced minimally guided instruction and tried to implement it.* » (2006, p. 6). Plus encore, on constate que la majorité des écrits portant sur les TIC endossent cette approche comme si les capacités de l'outil, l'ordinateur, détenaient un pouvoir magique sur le processus d'apprentissage. Comme le soulignent Clark et Feldon (dans Mayer, 2005, p. 108), « *There is a persistent belief among some segments of the education and training communities that the most effective learning experiences are those in which learners navigate unstructured multimedia learning environments or solve novel problems presented without instructional support* ». Il n'y a pas lieu de s'en surprendre car les recherches sur les TIC ont été à de nombreuses reprises critiquées pour leur manque de rigueur et d'objectivité. Ainsi, pour Joy et Garcia (2000), « *Practitioners and consumers of asynchronous learning networks (ALNs) need to be aware that much of the research in this field is seriously flawed, rendering many of the conclusions inaccurate or open to debate* ».

Avec les TIC en classe ne sommes-nous pas alors en train de reproduire le cercle vicieux des innovations technologiques qui n'ont jamais tenu leurs promesses ?

Paquette (2002) mentionne à juste titre que le progrès technologique et le progrès pédagogique ne vont pas nécessairement de pair. En ce sens, selon Clark (1994), c'est la qualité du design des expériences d'apprentissage médiatisé (*instructional design*) qui aurait un impact sur la performance scolaire des apprenantes et apprenants. C'est pourquoi, bien que le téléapprentissage puisse apparaître très prometteur, il doit

cependant «être bien fait» pour tenir ses promesses. «*Doing it right means that online learning materials must be designed properly, with the learners and learning in focus, and that adequate support must be provided*» (Ally, 2004, p. 4). Peraya et Viens (2003) vont dans le même sens et signalent que les TIC ne sont pas forcément essentiellement éducatives et que leur efficacité en situation d'apprentissage demeure toujours tributaire de l'utilisation pédagogique qui en est faite auprès des apprenantes et apprenants. Quoique chaque nouvelle vague de technologies éducatives ait véhiculé ses velléités d'amélioration majeure des apprentissages scolaires, cinquante ans de recherche n'ont pourtant pas encore permis de valider de telles assertions. Ceci conduit Clark et Mayer à conclure que : «*What we have learned from all the media comparison research is that it's not the medium, but rather the instructional methods that cause learning. When the instructional methods remain essentially the same, so does the learning, no matter how the instruction is delivered*» (Clark et Mayer, 2003, p. 21)².

UNE TENDANCE À PRIVILÉGIER MAIS ENCORE PEU CONNUE

En 2005 est paru un ouvrage majeur : *The Cambridge handbook of multimedia learning*, collectif rédigé sous la direction de R. Mayer. Cet ouvrage est important pour plusieurs raisons. D'abord, il tente de synthétiser et d'organiser dans un même livre les résultats de recherches empiriques menées ces dix dernières années dans le domaine de l'apprentissage du multimédia. Ensuite, c'est la première synthèse du genre à avoir été réalisée à ce jour et constitue de fait une référence incontournable pour quiconque est intéressé au *Web-based learning*, *e-learning*, *hypermedia*, *multimedia*, *Web site design*, *distance learning*, *human-computer interaction*, *virtual environments or applied cognitive psychology* (2005, p. xi), bref, ce que l'on pourrait appeler le domaine des TIC appliquées à l'éducation.

L'apprentissage multimédia est défini comme un apprentissage qui peut être réalisé à partir de mots (présentés sous forme orale ou écrite) et d'images (illustrations, photos, cartes, graphiques, animations, vidéos, etc). Les auteurs cherchent à comprendre comment on apprend à partir

2. Certaines idées de cette section sont tirées du document intitulé *Le téléapprentissage en milieu franco-ontarien. Proposition d'un modèle d'ingénierie pédagogique basé sur les recherches en efficacité de l'enseignement* par Mario Richard et Steve Bissonnette, avec la collaboration de Clermont Gauthier. Ottawa : CFORP.

des mots et des images dans un environnement informatisé (computer-based environment). Cet environnement comprend des présentations sur ordinateur en classe, des leçons interactives, des cours en ligne, des jeux et simulations, etc.

Les auteurs du handbook poursuivent deux grands objectifs. Le premier est pratique et vise à cerner ce qui fonctionne (*what works*), c'est-à-dire à déterminer les caractéristiques du design d'enseignement multimédia qui affectent l'apprentissage. Le second est de nature théorique au sens où il cherche à comprendre et à expliquer pourquoi les dispositifs utilisés influencent ou non l'apprentissage et sous quelles conditions.

Sans aller dans les détails, il est intéressant de passer en revue quelques-uns des principes formalisés par les chercheurs et qui suggèrent des pistes pratiques en enseignement.

- Le principe multimédia. On apprend mieux avec des mots et des images qu'avec des mots seulement.
- Le principe de l'attention divisée. On apprend mieux quand les mots et les images sont intégrés et non séparés.
- Le principe de modalité. On apprend mieux avec des graphiques et une narration qu'avec un graphique et du texte imprimé.
- Le principe de redondance. On apprend mieux quand les explications répétitives sont évitées.
- Le principe de segmentation. On apprend mieux quand le message est présenté en segments plutôt qu'en unités continues.
- Le principe de cohérence. On apprend mieux quand l'information non nécessaire est exclue du message.
- Le principe de personnalisation. On apprend mieux quand les mots utilisés sont présentés dans un style proche de la conversation courante plutôt que dans un langage formel et quand la voix est celle d'une personne plutôt que celle d'une machine.
- Le principe de la découverte guidée. On apprend mieux dans les environnements axés sur la découverte quand la guidance est bien intégrée.
- Le principe de l'exemple ciblé. On apprend mieux quand on doit travailler au préalable sur des exemples bien ciblés.
- Le principe de collaboration. On apprend mieux quand le programme informatique possède des caractéristiques qui facilitent la coopération entre les apprenants.

- Le principe de l'auto-explication. On apprend mieux quand on est invité à formuler des explications des phénomènes à étudier.
- Le principe d'animation. On n'apprend pas nécessairement mieux d'une animation. Un diagramme statique peut aussi faire l'affaire.
- Le principe de navigation. On apprend mieux dans des environnements avec hypertextes quand des aides à la navigation sont fournis.
- Le principe de la carte du site. On apprend mieux dans un environnement en ligne quand l'interface contient une carte qui indique où l'apprenant en est rendu dans sa leçon.
- Le principe des connaissances antérieures. On apprend mieux quand notre niveau d'expertise est pris en compte par l'enseignant.
- Le principe du vieillissement cognitif. On apprend mieux quand le matériel est adapté à notre âge.

CONCLUSION : LE DÉFI DE L'INTÉGRATION DES TIC DANS LES PRATIQUES PÉDAGOGIQUES

Évidemment, les TIC peuvent offrir des possibilités extrêmement intéressantes pour les écoles. Il est cependant illusoire de croire que les avancées technologiques, aussi impressionnantes soient-elles, vont devenir la nouvelle panacée du monde de l'éducation. Bien que la puissance des ordinateurs se soit accrue de manière exponentielle dans les dernières années, la capacité de traitement de la mémoire humaine demeure, pour sa part, inchangée. C'est pourquoi la technologie ne garantit pas pour autant des gains en ce qui concerne les apprentissages. *Un mauvais enseignement en mode présentiel n'entraînera pas la réussite des élèves; de même un design pédagogique inadéquat avec les TIC ne donnera pas non plus de bons résultats.* Par exemple, les approches pédagogiques centrées sur la découverte, qu'elles soient utilisées en mode présentiel ou en mode virtuel ne sont pas associées aux meilleurs résultats des élèves.

Le défi à relever en ce qui concerne l'intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques peut être résumé de la manière suivante : il faut tenter de résister aux modes et chercher le plus possible à prendre appui sur ce que la recherche semble offrir de plus solide pour favoriser l'apprentissage des élèves. La piste ouverte par le collectif de Cambridge nous semble une voie prometteuse, moins populaire certes, mais nettement mieux fondée. C'est pourquoi il nous est apparu important de décrire les principes formalisés par ces chercheurs en fournissant des

conseils pratiques pour ceux qui sont intéressés à intégrer le multimédia dans leur enseignement.

Mentionnons que cette recherche a été rendue possible grâce à la contribution financière de la Fédération canadienne des enseignantes et des enseignants. Les auteurs sont comptables du contenu, des opinions émises et des sources utilisées pour la préparation de cette publication.

Bibliographie

- Ally, M. (2004). Foundations of Educational Theory for Online Learning. In T. Anderson & F. Elloumi (Eds), *Theory of Online Learning*, pp.3-31. Athabasca University. <cde.athabasca.ca/online_book/pdf/TPOL_chp01.pdf>
- Clark, R.E. (1994). When Researches Swim Upstream: Reflections on an Unpopular Argument About Learning from Media. In R.E. Clark (Ed), *Learning from Media: Arguments, Analysis, and Evidence*, pp. 125-136. Greenwich: Information Age Publishing Inc.
- Clark, R.C. & Mayer, R.E. (2003). *E-learning and the Science of Instruction*. San Francisco: Pfeiffer.
- Cuban, L. (1986). *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920*. New York: Teacher College Press.
- Joy, E.H. & Garcia, F.E. (2000). Measuring Learning Effectiveness: a New Look at Non-Significant-Difference Findings. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4 (1), p.33-39.
- Kirschner, P.A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). *Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: an Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-based, Experiential and Inquiry-based Learning*. *Educational Psychologist*, 41 (2).
- Ellen, J. & Clark, R.E. (2006). *Handling Complexity in Learning Environments. Theory and Research*. Oxford: ELSEVIER.
- Mayer, R.E. (Ed). (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- OCDE. (2004). *OCDE Survey of Upper Secondary Schools. Technical Report*. OCDE.
- Paquette, G. (2002). *L'ingénierie pédagogique*. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Peraya, D. & Viens, J. (2003). Relire les projets « TIC et innovation pédagogique » : y a-t-il un pilote à bord, après Dieu bien sûr... <03_DPEA_JV.doc>

Page laissée blanche intentionnellement

Comment lire ce guide ?

C'est à partir de recherches validées empiriquement dans divers contextes qu'un certain nombre de principes généraux d'enseignement multimédia a été identifié. Ces principes qui constituent des balises pour se servir des ordinateurs en tant qu'outils pédagogiques trouveront leur utilité auprès de divers publics de lecteurs. Par exemple, les enseignants qui souhaitent intégrer les TIC dans leur classe, les responsables scolaires qui cherchent à mettre en place des projets visant le recours aux technologies à l'école et les concepteurs d'environnements d'apprentissage informatisés qui travaillent à élaborer des leçons interactives, des cours en ligne ou des logiciels éducatifs.

Seize principes d'enseignement multimédia sont présentés dans les pages qui suivent. Pour chacun d'entre eux, nous fournissons une brève description, un peu de théorie, des exemples pratiques et des références afin d'en savoir davantage. Le principe 1 permet de répondre à la question « *Comment favoriser l'apprentissage à partir du multimédia ?* ». Les principes 2 à 7 peuvent servir de références pour ceux qui se demandent *comment présenter le contenu*. Les principes 8 à 11 mettent de la lumière sur la question « *Quelles stratégies d'enseignement employer ?* ». Les principes 12 à 14 offrent des réponses à ceux qui s'interrogent à propos de *comment utiliser les outils informatisés*. Enfin, les principes 15 et 16 peuvent être employés en guise d'appui si on se questionne à savoir *comment prendre en compte les caractéristiques des apprenants*.

À la suite de la présentation de ces différents principes, nous avons inséré trois outils pour faciliter l'application de ces derniers. Il s'agit (1) d'un petit guide pratique dans lequel sont expliqués les postulats fondateurs de la théorie de l'apprentissage multimédia et dans lequel les principes multimédias sont regroupés par catégories – la catégorie du principe de base, celle des principes liés à la présentation du contenu,

celle des principes liés à la présentation des stratégies d'enseignement, celle des principes liés au recours à un environnement informatisé et celle des principes liés aux caractéristiques des apprenants –, (2) d'un aide-mémoire qui contient une liste des seize principes accompagnés de leur définition ainsi que (3) d'un répertoire de quelques exemples pratiques associés à chacun des principes.

Comment favoriser
l'apprentissage à partir
du multimédia?

PRINCIPE 1 – LE PRINCIPE MULTIMÉDIA

EN BREF

Selon le principe multimédia, on apprend mieux avec des mots et des images qu'avec des mots seulement. Ce principe n'a rien d'étonnant car il incarne à merveille le proverbe selon lequel une image vaut mille mots. Il nous enseigne qu'il est plus facile de comprendre un texte auquel des illustrations ont été ajoutées qu'un texte qui n'en contient aucune ou encore qu'il est plus aisé de saisir le contenu d'une narration¹ accompagnée d'appuis visuels que celui d'une narration présentée seule.

UN PEU DE THÉORIE

Les origines du principe multimédia prendraient leur source dans certaines idées de Berkeley, un philosophe anglais du XVIII^e siècle. Il a remarqué que si les mots sont abstraits et génériques, en revanche les images possèdent plutôt une nature concrète et spécifique. Pour illustrer son propos, il a suggéré l'idée que présenter l'image d'un arbre permet au récepteur d'accéder plus facilement à la réalité à laquelle on fait allusion que se limiter à énoncer le mot « arbre » uniquement. Effectivement, l'image de l'arbre fournit des informations additionnelles au sujet de sa forme, sa couleur, son espèce, que le mot « arbre » ne procure pas.

Diverses recherches ont été conduites à partir des réflexions de Berkeley et ont mené à l'avancement des connaissances sur l'apprentissage, la mémoire, la perception et les processus cognitifs. Entre autres, les résultats des études de Paivio et de ses collègues (1986, 1991) ont montré que le codage des mots et des images relève de mécanismes cognitifs indépendants mais « additifs », c'est-à-dire qu'ils peuvent se compléter et s'échanger des données. Aussi, plusieurs études en psychologie cognitive ont abouti à la conclusion qu'apprendre constitue une activité de construction à partir des informations captées par nos sens.

1. Dans ce document le mot « narration » renvoie toujours à un texte récité oralement alors que mot « texte » réfère à un texte imprimé ou sur support informatique.

En s'inspirant des résultats des études de Paivio ainsi que de ceux des études en psychologie cognitive, Mayer (2001) a créé une théorie sur l'apprentissage multimédia. Le principe multimédia découle de cette théorie selon laquelle les informations contenues dans les images et les mots sont perçues, sélectionnées, organisées et intégrées aux connaissances antérieures par le biais de deux mécanismes cognitifs indépendants, l'un étant relié à la vue et l'autre, à l'audition.

Il est postulé en psychologie cognitive qu'il existe trois types de mémoire : la mémoire sensorielle, la mémoire de travail et la mémoire à long terme. Étant donné que les capacités de la mémoire de travail sont très limitées, le fait de recourir à la fois au mécanisme cognitif relié à la vue ainsi qu'à celui relié à l'audition, favorisera davantage l'apprentissage que l'utilisation d'un seul des deux.

La thèse de Mayer (2001) prend appui sur la théorie de la charge cognitive. Les résultats des recherches sur cette dernière révèlent que l'acquisition des connaissances peut être facilitée par la réduction des charges cognitives imposées à la mémoire de travail. Ainsi, ce qui explique l'efficacité de l'application du principe multimédia, c'est que l'utilisation plus complète des capacités disponibles pour traiter les données réduit l'effort cognitif. Par conséquent, il s'en suit une augmentation de la quantité d'informations emmagasinées dans la mémoire à long terme par unité de temps passé à enseigner.

Évidemment, le simple fait d'ajouter des illustrations à un texte ou bien d'accompagner une narration d'appuis visuels n'entraîne pas systématiquement une meilleure compréhension du contenu de la présentation. Appliquer le principe multimédia est d'autant plus efficace si en plus on prend en compte d'autres principes rattachés à la théorie de l'apprentissage multimédia, en particulier, les principes de contiguïté et de cohérence. Selon le premier, les images et les mots devraient être présentés en même temps plutôt que successivement et à proximité dans l'espace plutôt qu'éloignés alors que, selon le deuxième, les images et les mots devraient toujours être en relation avec l'objet de la leçon. De plus, il faut savoir que l'efficacité de combiner des images et des mots varie en fonction du contenu enseigné, du but d'apprentissage, des habiletés spatiales des élèves, de leur expertise dans la matière et de leur capacité générale pour apprendre.

DES EXEMPLES PRATIQUES

Appliquer le principe de contiguïté. Présenter les images et les mots en même temps plutôt que successivement et à proximité dans l'espace plutôt qu'éloignés favorise l'apprentissage. Par exemple, lorsque que les élèves lisent un texte qui contient des illustrations, ils sélectionnent l'information importante en alternant la lecture d'une courte portion du texte avec l'observation de l'illustration décrite dans le texte. Bien sûr, la proximité entre les images et les mots facilite ce processus et contribue à améliorer la compréhension. Par ailleurs, quand on lit un texte aux élèves, il est préférable de présenter les illustrations qui l'accompagnent en même temps que se déroule la narration et non après. Lorsque les élèves peuvent voir les images et écouter la narration simultanément, un effet additif se produit. Les mécanismes cognitifs reliés à la vue et à l'audition s'échangent des informations et contribuent à enrichir l'apprentissage.

Appliquer le principe de cohérence. En plus d'être inutile, un contenu qui n'est pas en relation avec l'objectif d'apprentissage peut même nuire à la compréhension des élèves. Par exemple, si on ajoute un fond musical à une présentation orale, il se crée une compétition entre le son de la voix et celui de la musique qui engendre une confusion pour l'auditeur à propos l'information à retenir. Les mêmes effets sont observés quand des illustrations sont insérées à un texte. Il faut donc être prudent lorsqu'on travaille à partir de manuels scolaires dans lesquels figurent un grand nombre d'illustrations. Demandons-nous si ces dernières ont vraiment un lien avec les notions enseignées et rappelons-nous aussi que le contenu superflu risque d'interférer avec les informations importantes à retirer de la leçon. Bien qu'il puisse être tentant d'ajouter des images attrayantes mais superflues à un texte dans le but de susciter l'intérêt des élèves à en faire la lecture, on doit cependant savoir que cette pratique peut entraîner davantage de confusion et nuire à la compréhension des idées présentées que de favoriser l'apprentissage.

Prendre en compte d'autres facteurs. Dans certains contextes, il peut être plus ou moins efficace de combiner les images et les mots. Par exemple, il est possible d'observer que la quantité d'illustrations dans les livres pour enfants diminue de façon marquée à mesure que les lecteurs s'approchent de l'âge adulte. Ce phénomène renvoie à l'idée que l'ajout d'illustrations à un texte est particulièrement utile pour des élèves qui ont peu de connaissances antérieures. Aussi, le recours à des techniques

qui demandent beaucoup de temps et d'effort cognitif peut parfois s'avérer très pertinent. Par exemple, aller à l'encontre du principe de cohérence en donnant beaucoup d'informations peut assurer la rétention et le transfert à long terme mais ne favorise cependant pas l'acquisition initiale de connaissances. Les conditions d'apprentissage dans lesquelles on place les élèves dépendent donc de l'objectif visé.

Pour en savoir davantage

- Hegarty, M., Carpenter, P. A., Just, M. A. (1996). Diagrams in the comprehension of scientific texts. Dans R. Barr, M. L. Kamil, P. Mosenthal et P. D. Pearson, *Handbook of reading research. Volume II* (pp.641-668). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- 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.
- 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, 187-198.
- Moreno, R., Mayer, R. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (1991). *Images in mind: The evolution of a theory*. Hempstead, Herfordshire, UK: Harvester Wheatsheaf.

Page laissée blanche intentionnellement

Comment présenter
le contenu?

PRINCIPE 2 – LE PRINCIPE DE L'ATTENTION DIVISÉE

EN BREF

Le principe de l'attention divisée signifie qu'on apprend mieux quand les mots et les images sont intégrés et non séparés. Ce principe nous enseigne qu'il faut éviter de placer les élèves dans des situations où ils doivent diviser leur attention entre des sources d'information multiples. Cela est particulièrement important lorsque l'intégration mentale des informations provenant de ces différentes sources est essentielle à la compréhension comme dans le cas où les mots n'ont pas de sens sans les images et réciproquement. Il vaut mieux alors présenter les informations de manière à ce que les mots et les images soient intégrés autant sur le plan spatial que temporel.

UN PEU DE THÉORIE

Imaginons une situation d'apprentissage dans laquelle les mots et les images sont séparés. Si les élèves tentent de comprendre soit à partir des mots uniquement soit à partir des images seulement, ils n'y parviennent pas. Pour arriver à dégager le sens, ils ne peuvent se limiter de manière exclusive à l'une ou à l'autre des sources d'information, ils doivent plutôt s'efforcer « d'intégrer mentalement », c'est-à-dire de coordonner l'information transmise par les mots et celle transmise par les images. Cette opération exige des élèves qu'ils divisent leur attention entre deux sources d'information séparées dans l'espace ou dans le temps afin d'en faire un tout intégré.

Intégrer mentalement des informations provenant de sources multiples crée une charge cognitive plus grande pour l'apprenant que lorsqu'il est face à une situation d'apprentissage où l'intégration mentale n'est pas obligatoire. Cette surcharge cognitive entraîne un impact négatif sur l'apprentissage. Il faut donc éliminer le besoin de diviser l'attention en structurant les informations de façon à ce que les mots et les images soient intégrés spatialement et temporellement. Lorsque les élèves n'ont

pas à s'engager dans le processus de l'intégration mentale, leur charge cognitive s'en trouve réduite et des ressources cognitives sont ainsi libérées pour le bénéfice de l'apprentissage.

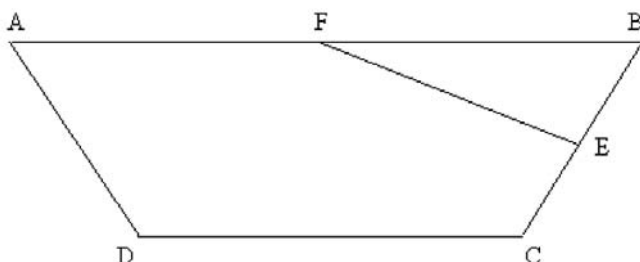
Il est utile de noter que l'attention divisée peut être causée par différentes sources d'information. Par exemple, les élèves peuvent diviser leur attention non seulement entre des informations provenant de mots et d'images mais aussi entre des informations contenues dans deux textes. Dans tous les cas, l'attention divisée suppose la présence d'au moins deux sources d'information.

Soulignons que, dans certaines situations, le principe de l'attention divisée n'est pas valable. Même que son application peut entraîner des effets négatifs sur l'apprentissage. Premièrement, on ne doit pas suivre ce principe quand les informations provenant des différentes sources n'ont pas à être intégrées mentalement pour être comprises. Si les mots ont du sens sans les images et *vice versa*, il vaut mieux éliminer la redondance que chercher à intégrer ces différentes sources d'information sur le plan physique et temporel. Deuxièmement, il ne faut pas non plus se référer au principe de l'attention divisée lorsque la compréhension de la leçon n'entraîne pas une charge cognitive très élevée soit parce que le contenu enseigné est simple ou soit parce que les élèves possèdent d'excellentes connaissances antérieures de la matière.

EXEMPLES PRATIQUES

En géométrie. Tel qu'illustré à la figure 1, il arrive assez souvent qu'on présente en géométrie une image aux élèves sous laquelle un problème est décrit. Ensuite, on leur demande d'écrire la démarche ainsi que la solution qu'ils proposent en dessous de l'image et du problème.

FIGURE 1

EXEMPLE D'UN PROBLÈME FRÉQUENT EN GÉOMÉTRIE**Problème:**

La ligne AB est parallèle à la ligne DC.

L'angle BCD mesure 110° .

L'angle BEF mesure 50° .

Quelle est la valeur de l'angle BFE?

Démarche:

L'angle FBE = $180^\circ - 110^\circ = 70^\circ$ car la somme des angles co-intérieurs entre des lignes parallèles est égale à 180° .

L'angle BFE = $180^\circ - 50^\circ - 70^\circ = 60^\circ$ car la somme des angles d'un triangle est égale à 180° .

Solution:

L'angle BFE mesure 60° .

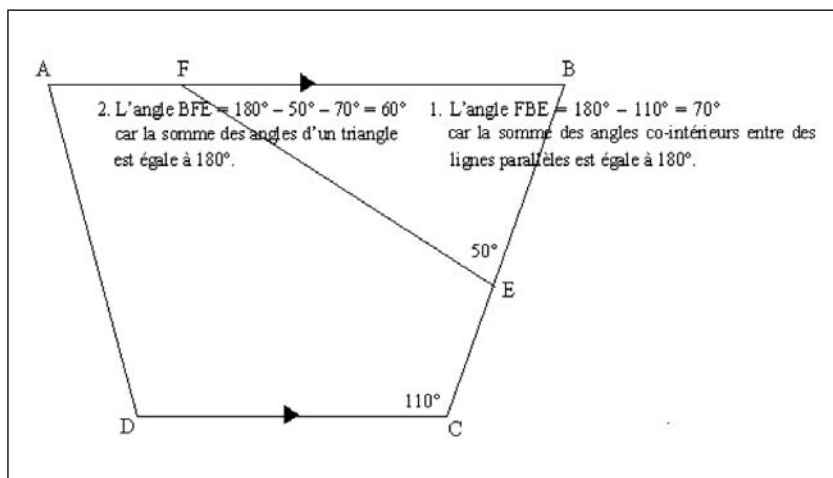
Dans cette situation d'apprentissage, aucune source d'information n'a de sens sans l'autre. L'image ne fournit aucune information sur le problème et le problème n'a pas de sens sans l'image. Pour comprendre, les élèves doivent parvenir à intégrer mentalement plusieurs parties d'information en divisant leur attention entre l'image et le problème. Ce processus crée une charge cognitive considérable, en particulier, si les élèves ont peu de connaissances antérieures dans le domaine.

La figure 2 présente une stratégie qui peut être utilisée pour réduire la charge cognitive. Elle consiste à intégrer physiquement l'information provenant de l'image, du problème, de la démarche ainsi que de la solution. En fait, il s'agit de présenter l'information donnée aux élèves

directement sur l'image et de demander à ceux-ci d'écrire leur démarche sur l'image même à l'endroit précis où la valeur des angles est calculée. Ainsi, on élimine le besoin pour l'élève de recentrer continuellement son attention entre les différentes sources d'information.

FIGURE 2

STRATÉGIE QUI PEUT ÊTRE UTILISÉE POUR RÉDUIRE LA CHARGE COGNITIVE



En physique. Habituellement, dans les manuels de physique, on utilise une structure qui oblige les élèves à diviser leur attention pour parvenir à intégrer mentalement la formulation du problème, les données initiales, les formules d'algèbre et les étapes de solution. Ces informations sont présentées en plusieurs points, les uns en dessous des autres. Il est possible de minimiser la charge cognitive créée par une telle situation d'apprentissage en intégrant spatialement les informations provenant des différentes sources. La clé de cette intégration consiste, d'une part, à placer les variables d'algèbre immédiatement à côté de leur valeur numérique et, d'autre part, à compléter les manipulations algébriques avant que la question soit posée. La figure 3 présente un exemple d'un bon problème de dynamique.

FIGURE 3
EXEMPLE D'UN BON PROBLÈME DE DYNAMIQUE

Une automobile immobilisée ($u = 0$) passe à une vitesse de 40 m/s ($v = 40$ m/s) en 20 secondes ($t = 20$) : $v = u + at$, $v - u = at$, $a = (v - u)/t$, $a = (40 - 0)/20$, $a = 2$ m/s². Quelle est l'accélération de l'automobile ?

En informatique. Dans les premiers temps de la révolution informatique, on apprenait à faire fonctionner les ordinateurs à partir d'un manuel. Ce dernier contenait des directives que l'utilisateur devait suivre tout en travaillant sur l'écran, le clavier et la souris. Cette façon de procéder obligeait l'apprenant à diviser son attention entre des sources d'information multiples. Avoir recours à une méthode semblable ne constitue donc pas la stratégie la plus efficace pour apprendre l'informatique. Dans ce domaine, à certains moments, l'apprentissage est favorisé lorsqu'on ne travaille pas directement sur l'ordinateur. À la place, il est parfois préférable d'utiliser un manuel qui contient des illustrations et, qui plus est, de présenter les informations de manière à ce que le texte et les images soient intégrés.

Pour en savoir davantage

- Chandler, P., Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 151-170.
- Sweller, J., Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12, 185-233.
- Tarmizi, R., Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424-436.
- Ward, M., Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7, 1-39.

PRINCIPE 3 – LE PRINCIPE DE MODALITÉ

EN BREF

Le principe de modalité indique qu'on apprend mieux avec un graphique et une narration qu'avec un graphique et du texte imprimé. Bien entendu, un graphique doit forcément être présenté dans un mode visuel. Cependant, les explications qui y sont associées peuvent être soit présentées en mode oral, une narration par exemple, ou soit en mode visuel comme dans le cas d'un texte imprimé. Cependant, selon le principe de modalité, il est plus efficace de communiquer l'information dans un mode « mixte », c'est-à-dire partiellement visuel et partiellement auditif, que de la communiquer dans un seul mode.

UN PEU DE THÉORIE

Nous avons vu que les capacités de la mémoire de travail sont limitées et que si on ignore ces limites, il peut se créer des surcharges cognitives qui nuisent à l'apprentissage. Théoriquement, il y a deux manières d'alléger les charges cognitives. On peut structurer l'information soit de façon à minimiser les activités cognitives qui ne sont pas nécessaires à l'apprentissage, d'où le principe de l'attention divisée, soit de façon à augmenter les capacités de la mémoire de travail, d'où le principe de modalité.

L'application du principe de modalité améliore l'efficacité de la mémoire de travail en réduisant les effets de la surcharge cognitive. Quand l'information est communiquée dans un mode mixte, la charge cognitive totale est répartie entre deux sections de la mémoire de travail : le mécanisme cognitif qui est relié à la vue et celui qui est relié à l'audition. Comme ces mécanismes cognitifs fonctionnent de manière indépendante, le recours à un mode de présentation partiellement visuel et partiellement auditif, plutôt qu'uniquement visuel ou uniquement auditif, permet de traiter davantage d'informations.

Bref, le principe de modalité constitue une solution de rechange au principe de l'attention divisée. Se référer à l'un ou l'autre de ces principes favorise l'apprentissage si les mêmes conditions sont remplies. D'abord, toutes les informations contenues dans le graphique et dans la narration doivent être non redondantes et essentielles à la compréhension. Ensuite, la situation d'apprentissage doit être suffisamment complexe pour créer une charge cognitive considérable.

EXEMPLES PRATIQUES

En géométrie. En enseignement de la géométrie, on est souvent amené à travailler à partir de situations d'apprentissage qui contiennent un graphique et des explications. Puisque le graphique fait nécessairement appel au mécanisme cognitif relié à la vue, pour augmenter l'efficacité de la mémoire de travail, il faut présenter les explications de manière à ce que le mécanisme cognitif relié à l'audition soit utilisé. Au lieu d'accompagner le graphique d'un texte imprimé qui constitue une source d'information visuelle, on cherchera donc à avoir recours à une source d'information auditive comme une narration.

En compréhension de texte. D'après le principe de modalité, les illustrations favorisent la compréhension quand les élèves écoutent une histoire. Cependant, s'ils lisent une histoire, elles ont peu d'impact sur la compréhension. Lire un texte et visualiser des images active le même mécanisme cognitif, celui qui est relié à la vue. Par conséquent, lorsqu'on demande aux élèves de lire une histoire et de visualiser des illustrations simultanément, une charge cognitive considérable est créée. Pour éviter la surcharge cognitive, il est alors préférable de communiquer l'information dans un mode mixte.

Enseigner à partir de matériel informatisé. Peu importe la matière, il est possible d'enseigner avec différents outils, des manuels scolaires ou encore, par exemple, avec du matériel informatisé. Quand on utilise du matériel informatisé, il est plus efficace de présenter des images à l'écran et de les accompagner d'une narration que d'avoir recours à des images et du texte à l'écran. Présenter les mots et les images dans un mode visuel uniquement peut entraîner une surcharge cognitive car seul le mécanisme relié à la vue est employé. En narrant les mots, le mécanisme relié à l'audition assume une partie de la charge cognitive. Ainsi, une plus grande quantité d'informations peut être traitée.

Pour en savoir davantage

- Levin, J., Divine-Hawkins, P. (1974). Visual imagery as a prose-learning process. *Journal of Reading Behaviour*, 6, 23-30.
- 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, 312-320.
- Moreno, R., Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., Lester, J. C. (2001). The case for social agency in computer-based multimedia learning: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19, 177-214.
- Moussavi, S., Low, R., Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319-334.

PRINCIPE 4 – LE PRINCIPE DE REDONDANCE

EN BREF

Selon le principe de redondance, on apprend mieux quand l'information est présentée dans une forme simple et quand les explications superflues sont évitées. Il n'est pas indiqué, par exemple, de communiquer le même contenu dans des formes multiples en utilisant des textes identiques présentés dans des formes écrite et verbale. On se rappelle alors les anciens professeurs qui lisaient intégralement leurs notes de cours ! Il n'est pas plus conseillé de fournir les mêmes explications de manière succincte et de manière plus développée, en préparant un résumé pour les élèves et en leur suggérant de lire le texte complet dans le livre. Plutôt que de présenter du contenu redondant, il vaut mieux communiquer moins d'informations.

UN PEU DE THÉORIE

Lorsqu'il y a de la redondance, le contenu superflu a des effets négatifs sur la compréhension. D'après la théorie de la charge cognitive, toute information redondante doit être reliée à l'information essentielle. Cet effort de coordination mobilise des ressources de la mémoire de travail qui ne sont plus disponibles pour la tâche d'apprentissage. Pour améliorer l'efficacité de la mémoire de travail, il faut éliminer la nécessité de coordonner des sources d'information multiples en évitant le contenu redondant. La charge cognitive étant alors réduite, l'apprentissage s'en trouve favorisé.

L'effet de redondance se manifeste quand on présente la même information en ayant recours à plus d'un média. Il peut s'agir de médias différents, comme un texte identique dans une forme écrite et verbale, ou d'un seul média, comme un résumé et un texte complet. Dans les deux cas, puisque le contenu est redondant, il est possible de faciliter la compréhension de la présentation en conservant une seule forme de média.

L'enseignement principal qui découle du principe de redondance peut sembler simple : éviter de présenter du contenu redondant aux élèves. Toutefois, puisqu'une même information peut être redondante pour un élève plus expérimenté et essentielle pour un élève débutant, la

situation se complexifie lorsqu'on passe à l'application de ce principe. Pour savoir quand et comment le principe de redondance doit être appliqué, il faut se référer à la théorie de la charge cognitive. Cette dernière est utile pour nous indiquer les conditions qui déterminent l'information redondante pour l'un et essentielle pour l'autre.

Enfin, il est important de préciser, d'une part, que la révision des apprentissages n'est pas une activité redondante et, d'autre part, que présenter le même contenu dans des formes multiples ne constitue pas de la révision. À moins que la leçon originale ait été mauvaise ou à moins que les apprenants aient à devenir familiers avec plus d'une forme de présentation, il n'y a aucune nécessité de changer la situation d'apprentissage lorsqu'on révise. N'oublions pas que comprendre de l'information identique présentée dans des formes multiples exige des efforts cognitifs considérables de la part des apprenants.

EXEMPLES PRATIQUES

En lecture. Une technique fréquemment utilisée pour enseigner la lecture consiste à travailler à partir d'une image et d'un mot qui est communiqué dans des formes écrite et verbale. Par exemple, tout en présentant l'image d'une vache aux élèves sous laquelle figure le mot correspondant, l'enseignant prononce le mot «vache». Dans cette situation d'apprentissage, on peut éliminer la redondance en renonçant à employer l'image de la vache. Lorsqu'il apprend à lire, l'élève cherche à parvenir à identifier la combinaison de lettres qui forment le mot. Il s'agit d'une tâche complexe qui impose une charge cognitive considérable à la mémoire de travail. Traiter l'image constitue une charge additionnelle qui mobilise des ressources cognitives qui pourraient être utilisées pour apprendre à lire le mot.

Enseigner à partir de textes imprimés. Dans différentes matières, comme la géographie, les sciences et l'histoire, on a souvent recours à des textes imprimés pour enseigner. Selon le principe de redondance, si un résumé contient tous les éléments relatifs aux connaissances que l'élève doit acquérir, lire la version résumée favorise davantage l'apprentissage que lire le texte original. Rappelons-nous que les explications superflues nécessitent des efforts cognitifs qui pourraient être investis dans le traitement de l'information essentielle. Elles ont donc un effet négatif sur les performances des élèves.

En biologie. Quand on donne des cours qui portent sur la circulation sanguine par exemple, il est possible d'être amené à enseigner à partir d'une image accompagnée d'un texte. Parfois, la première consiste en une illustration du cœur, des poumons et du corps sur la laquelle l'élève peut voir des flèches qui indiquent la direction du sang dans les veines et les artères. Le second répète la même information dans une forme différente, comme « Le sang entrant dans l'aorte est pompé de nouveau dans le corps ». Il y a alors une redondance du contenu. Celle-ci peut être éliminée en délaissant le texte. Il s'agit de la meilleure stratégie à employer.

Pour en savoir davantage

- Chandler, P., Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Miller, W. (1937). The picture crutch in reading. *Elementary English Review*, 14, 263-264.
- Reder, L., Anderson, J. R. (1980). A comparison of texts and their summaries: Memorial consequences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 121-134.
- Reder, L., Anderson, J. R. (1982). Effects of spacing and embellishment on memory for main points of a text. *Memory and Cognition*, 10, 97-102.

PRINCIPE 5 – LE PRINCIPE DE SEGMENTATION

EN BREF

Parfois on apprend mieux quand le message est présenté en segments plutôt qu'en unités continues. Voilà en substance la signification du principe de segmentation. Ce dernier peut être appliqué lorsque nous tentons de communiquer un message « concis », c'est-à-dire qui comporte uniquement des informations essentielles et dont le traitement excède les capacités cognitives de l'apprenant. Dans ce contexte, il est utile de diviser la présentation en sous parties.

UN PEU DE THÉORIE

Essayer de comprendre un message concis qui contient des informations complexes communiquées à un rythme rapide entraîne la création d'une surcharge dans la mémoire de travail. Face à une telle situation, et quand toutes les informations présentées sont nécessaires pour accéder à la compréhension, il n'est pas possible de réduire la charge cognitive en éliminant du contenu. Cependant, on peut ralentir le rythme de la présentation en segmentant cette dernière.

Contrairement à un enseignement en unités continues, l'enseignement segmenté alloue davantage de temps au traitement des informations transmises. Le temps constitue un élément important lorsqu'on doit dégager le sens d'une présentation au rythme rapide qui exige la construction de plusieurs modèles mentaux. Segmenter donne à l'apprenant le temps dont il a besoin pour s'engager dans toutes les activités cognitives essentielles pour parvenir à s'approprier le contenu présenté.

En plus du principe de segmentation, mentionnons qu'il y a deux autres façons de faciliter le traitement du contenu d'un message concis. On peut suivre le principe de pré-entraînement ou le principe de modalité. Selon le premier, l'apprentissage est favorisé quand la séquence d'enseignement commence par la description des concepts clés alors que, selon le second, il est favorisé lorsqu'on a recours à un mode de présentation « mixte », c'est-à-dire partiellement visuel et partiellement auditif.

L'application de l'un ou l'autre de ces trois principes augmente l'efficacité de la mémoire de travail mais de manière différente. La segmentation aide les élèves à traiter adéquatement les informations communiquées en ralentissant le rythme de la présentation. Le pré-entraînement, parce qu'il permet d'acquérir des connaissances antérieures, élimine la nécessité de s'engager dans certains processus cognitifs. Enfin, communiquer l'information selon un mode mixte, plutôt qu'unique, entraîne une meilleure utilisation des ressources cognitives car, au lieu d'être imposée à seulement un mécanisme cognitif, la charge cognitive totale est répartie entre deux sections de la mémoire de travail.

EXEMPLES PRATIQUES

Enseigner les étapes de la formation des éclairs à l'aide de matériel informatisé. Au départ, pendant que des images illustrant les étapes de la formation des éclairs défilent à l'écran, les élèves écoutent une narration continue qui dure cent quarante secondes. Comme la présentation se déroule à un rythme rapide, il est difficile de porter attention aux mots et aux images ainsi qu'aux changements et aux éléments qui causent ces derniers tout en faisant des liens avec les connaissances antérieures.

Pour faciliter le traitement du contenu enseigné, on peut, par exemple, diviser le message en seize segments. Chacun d'entre eux consiste en une image accompagnée d'une courte narration. Il est possible soit de les présenter, l'un après l'autre, à chaque dix secondes soit de créer un bouton «suivant» dans le bas de l'écran. Il importe que les élèves puissent contrôler davantage le rythme de la présentation. On évite ainsi le problème de ne pas avoir assez de temps pour traiter les informations requises pour réaliser l'apprentissage visé. Nous pouvons remarquer que, dans cet exemple, le principe de modalité est pris en compte lorsqu'on suggère de recourir à un mode de présentation mixte. Une violation de ce principe aurait lieu si, au lieu d'écouter les explications verbales, les élèves avaient à les lire à l'écran en plus de regarder les images qui y sont projetées.

Enseigner comment fonctionne un moteur électrique à partir de matériel informatisé. Le principe de segmentation s'applique aussi dans le contexte d'une situation d'apprentissage construite à partir de matériel informatisé et portant sur le fonctionnement d'un moteur électrique.

Pour favoriser le traitement cognitif adéquat des informations présentées, l'enseignant peut placer une liste de questions à l'écran, comme «Que se passe-t-il lorsque le moteur a fait un quart de tour?». En cliquant sur une question, l'élève fait apparaître un segment de la leçon, à savoir une image accompagnée d'une phrase ou deux, lesquelles sont narrées. Tout en ayant accès au même contenu que si la présentation était continue, on a alors l'avantage de pouvoir exercer un contrôle sur son rythme.

Enseigner le fonctionnement d'un système de freinage d'une automobile à partir de matériel informatisé. Nous avons vu qu'il est possible d'augmenter l'efficacité de la mémoire de travail en suivant le principe de segmentation ou encore de pré-entraînement. Ce dernier peut être appliqué quand on enseigne comment fonctionne le système de freinage d'une automobile. Les élèves apprennent davantage s'ils connaissent d'abord les parties du moteur ainsi que leurs caractéristiques. Dans le cas où on travaille à partir de matériel informatisé, une bonne stratégie à employer consiste à présenter l'image d'un moteur à l'écran sur laquelle les élèves peuvent cliquer et ainsi avoir accès à des renseignements narrés et illustrés concernant le nom de ses différentes parties ainsi que la fonction de ces dernières. À la suite d'un tel pré-entraînement, il est plus facile de comprendre les processus multiples qui sont enclenchés lorsqu'un conducteur appuie sur la pédale de frein.

Pour en savoir davantage

- 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, 428-434.
- 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, 390-397.
- Mayer, R. E., Dow, G., Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds? *Journal of Educational Psychology*, 95, 806-813.
- Mayer, R. E., Mathias, A., Wetzell, K. (2002). Fostering understanding of multimedia messages through pre-training: Evidence for a two-stage theory of mental model construction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 147-154.

PRINCIPE 6 – LE PRINCIPE DE COHÉRENCE

EN BREF

Le principe de cohérence signifie que l'élève apprend mieux quand l'information non nécessaire est exclue du message. Il s'applique dans le cas où la présentation contient tellement de mots ou d'images superflues que l'apprenant ne parvient pas à reconnaître et à traiter adéquatement l'information essentielle. Dans une situation semblable, pour faciliter la compréhension de la leçon, il est possible de suivre le principe de cohérence en éliminant le contenu qui n'est pas directement lié au but d'apprentissage.

UN PEU DE THÉORIE

Le risque de surcharge cognitive survient lorsqu'un message comporte beaucoup d'informations parmi lesquelles figurent des détails dont l'apprenant n'a pas besoin pour saisir le sens des idées principales. La surcharge cognitive empêche la compréhension du contenu important à retenir car, comme des efforts cognitifs sont investis dans le traitement des informations non nécessaires, il reste moins de ressources disponibles pour traiter celles qui sont essentielles.

On peut réduire la possibilité de dépassement des capacités cognitives des élèves en mettant en pratique le principe de cohérence, c'est-à-dire en évitant de présenter du contenu superflu, soit des mots ou des images qui ne sont pas en relation avec le but de la leçon. Cela permet à l'élève de centrer toute son attention sur l'information importante et de favoriser ainsi son apprentissage.

Pour améliorer une présentation dans laquelle du contenu non nécessaire est abordé, on peut se référer non seulement au principe de cohérence mais aussi à ceux de signalisation et de redondance. Le premier de ces principes indique qu'il convient d'exclure les informations qui ne sont pas essentielles, le second demande de fournir des indications qui mettent l'accent sur les éléments importants et le troisième, d'éliminer le contenu répétitif. Qu'on s'en remette à l'un ou l'autre de ces principes

énumérés ci-dessus, il faut se laisser guider par la prémisse suivante : « moins, c'est plus ». Quand l'apprenant a uniquement à traiter le contenu nécessaire sans avoir à se préoccuper aussi de l'information superflue, il voit ses ressources cognitives mieux utilisées et sa mémoire de travail plus efficace.

EXEMPLES PRATIQUES

Appliquer le principe de cohérence. Enseigner en ayant recours à des mots et à des images qui ne sont pas liés au but d'apprentissage va à l'encontre du principe de cohérence. Ce principe est violé lorsque les concepteurs de manuels scolaires et de logiciels informatiques tentent de susciter l'intérêt des élèves en insérant aux leçons des contenus attrayants mais non essentiels. Par exemple, dans une situation d'apprentissage qui vise à expliquer les étapes de la formation de la foudre à partir d'un texte imprimé et d'illustrations, ils présentent non seulement les informations dont l'apprenant a besoin pour comprendre mais aussi des histoires intéressantes au sujet des éclairs, comme la description d'un accident au cours duquel un élève du secondaire a été frappé par la foudre pendant qu'il jouait au soccer. Ou encore, dans une leçon qui vise le même objectif mais à l'aide de matériel informatisé, on ajoute aux narrations et aux animations visuelles qui sont nécessaires à l'acquisition des connaissances principales un court vidéo d'un orage électrique dans lequel il est possible de voir et d'entendre le son des éclairs.

Dans ces deux cas, l'application du principe de cohérence, autrement dit l'élimination des mots, des images et des sons superflus, peut favoriser l'apprentissage en réduisant la quantité d'informations à traiter et en permettant à l'élève de diriger entièrement son attention sur les éléments essentiels de la présentation.

Appliquer le principe de signalisation. Selon le principe de signalisation, il y a une autre façon d'amener l'apprenant à investir ses efforts cognitifs dans le traitement du contenu important. Au lieu d'exclure l'information non nécessaire à la compréhension du message, on peut plutôt mettre en évidence les idées à retenir.

Dans une situation d'apprentissage portant sur le décollage et le vol d'un avion, supposons que l'élève doit écouter une narration et, simultanément, lire un texte qui contient des éléments superflus dont en voici un extrait (sans phrases soulignées et sans mots en caractère gras) :

« Comment un avion, qui est plus lourd que l'air, parvient-il à décoller et à voler par la suite ? Un principe d'aérodynamique formulé par Daniel Bernouille en 1738 permet de répondre à cette question. Selon ce principe, pour comprendre, il faut porter attention aux différences entre le dessus et le dessous des ailes d'un avion. Premièrement, le dessus des ailes n'a pas la même **forme** que le dessous; deuxièmement, l'air **glisse** plus rapidement sur la surface du dessus que du dessous; troisièmement, ... »

Comme beaucoup d'informations sont communiquées, la mémoire de travail risque de devenir rapidement surchargée. Pour minimiser les efforts cognitifs, il est possible, à l'écrit, de souligner les phrases les plus significatives et, à l'oral, d'insister sur les mots clés (mis en caractère gras dans l'extrait présenté). Ces indications permettent à l'apprenant d'ignorer le contenu superflu et d'utiliser à meilleur escient toutes ses capacités cognitives pour traiter l'information essentielle.

Pour en savoir davantage

- Harp, S. F., Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89, 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, 414-434.
- Mautone, P. D., Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 377-389.
- 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, 64-73.
- Mayer, R. E., Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.

PRINCIPE 7 – LE PRINCIPE DE PERSONNALISATION

EN BREF

Le principe de personnalisation vise à augmenter le sentiment de présence sociale chez l'apprenant, et ce, particulièrement dans le cadre d'un enseignement à distance. Plus précisément, il a pour objectif de faire en sorte que celui-ci se sente en relation personnelle avec son tuteur. D'après ce principe, on apprend mieux quand les mots sont présentés dans un style proche de la conversation courante plutôt que dans un langage formel et également lorsque la voix est celle d'une personne plutôt que provenant d'une machine.

UN PEU DE THÉORIE

Lorsque l'élève considère son tuteur comme un partenaire social, il est plus motivé à s'engager dans les activités cognitives nécessaires au traitement de l'information présentée. Dans la communication d'humain à humain, les gens ont une volonté implicite de coopérer. La personne qui parle essaie de s'exprimer le plus clairement possible et celle qui écoute travaille fort pour comprendre le message qui lui est adressé. En ce qui concerne l'enseignement à partir de logiciels informatiques par exemple, il est possible d'encourager l'apprenant à répondre socialement à un tuteur en ligne en construisant des leçons dans lesquelles le langage utilisé se rapproche de la conversation courante et dans lesquelles le message est énoncé par une voix humaine et, de préférence, « non accentuée », c'est-à-dire sans un fort accent étranger.

Une présentation multimédia qui comporte des références sociales sur le plan du style de la conversation et de la nature de la voix entraîne une réponse sociale de la part de l'élève. Cette réponse sociale augmente la motivation de ce dernier à faire le maximum d'efforts cognitifs possible pour saisir le contenu présenté. En l'absence de référence sociale dans la communication, aucune réponse sociale n'est engendrée. Par conséquent, l'élève est moins motivé à s'efforcer de comprendre l'information qui lui est communiquée.

Bien que la prise en compte de certains aspects sociaux ait des effets positifs sur l'apprentissage, il faut être prudent lorsqu'on cherche à personnaliser l'enseignement. D'abord, l'emploi d'un style de langage qui se rapproche de la conversation courante peut amener l'enseignant à ajouter des détails attrayants au contenu du message mais superflus et distrayants pour l'apprenant. Ensuite, on doit savoir, qu'avec le temps, il est possible de s'habituer à la voix d'une machine ou encore à un accent étranger. Enfin, étonnamment, la création d'un personnage animé qui apparaît à l'écran pour interagir avec l'élève n'est pas nécessaire pour promouvoir l'engagement social. Cependant, un tel personnage peut jouer un rôle cognitif intéressant s'il est utilisé pour diriger l'attention de l'apprenant vers l'information importante à retenir.

EXEMPLES PRATIQUES

Présenter les mots dans un style proche de la conversation courante. Il y a deux façons de présenter les mots dans un style proche de la conversation courante. Premièrement, au lieu de construire des phrases à la troisième personne, on peut utiliser le « je » et le « tu ». Par exemple, supposons que, dans un jeu de simulation en sciences, un personnage animé appelé Herman interagit avec l'élève. Il lui explique comment faire pousser des plantes et lui donne des suggestions ainsi que des rétroactions à ce sujet. L'enseignement sera moins efficace si Herman communique dans un langage formel, tel qu'illustré dans l'extrait présenté à la figure 4, que s'il communique de manière personnalisée, tel qu'illustré dans l'extrait présenté à la figure 5.

FIGURE 4

EXTRAIT D'UN MESSAGE COMMUNIQUÉ DANS UN LANGAGE FORMEL

Ce jeu porte sur la survie des plantes sur différentes planètes. Sur chaque planète, une plante sera créée. Le but consistera à apprendre quel type de racines, de tige et de feuilles permettra à la plante de survivre dans chacun des environnements. Quelques conseils seront donnés au cours du jeu.

FIGURE 5
EXTRAIT D'UN MESSAGE PERSONNALISÉ

Tu vas bientôt commencer un voyage au cours duquel tu visiteras différentes planètes. Sur chaque planète, tu devras créer une plante. Ta mission consistera à apprendre quel type de racines, de tige et de feuilles permettra à ta plante de survivre dans chacun des environnements. Je te guiderai en te donnant quelques conseils.

La deuxième façon de présenter des mots dans un style proche de la conversation courante est de faire des commentaires en s'adressant directement à l'élève. Par exemple, imaginons que l'apprenant clique sur le mot « foudre » dans une encyclopédie multimédia et qu'une narration animée de cent quarante secondes débute expliquant les étapes dans la formation des éclairs. Selon le principe de personnalisation, pour favoriser l'apprentissage, plutôt que d'avoir recours à la version non personnalisée du programme dont un extrait apparaît à la figure 6, il sera préférable d'utiliser la version dans laquelle des commentaires sont faits en s'adressant directement à l'élève dont un extrait apparaît à la figure 7.

FIGURE 6
EXTRAIT DE LA VERSION NON PERSONNALISÉE DU PROGRAMME

De l'air froid et humide bouge au-dessus de la surface chaude du sol et se réchauffe. L'air chaud et humide monte rapidement vers le ciel. Plus il monte, plus il se refroidit. En se refroidissant, il se transforme en gouttelettes d'eau qui deviennent un nuage.

FIGURE 7
EXTRAIT DE LA VERSION PERSONNALISÉE DU PROGRAMME

Laisse-moi te raconter ce qu'il se produit lorsque les éclairs se forment. Imagine que tu es dehors, sentant les rayons chauds du soleil frapper la surface de la terre autour de toi. De l'air froid et humide bouge au-dessus de la surface chaude du sol et se réchauffe. L'air chaud et humide monte rapidement vers le ciel. Plus il monte, plus il se refroidit. En se refroidissant, il se transforme en gouttelettes d'eau qui deviennent un nuage. Félicitations! Tu viens d'assister à la naissance de ton propre nuage.

Communiquer le message par le biais d'une voix humaine non accentuée. En se référant de nouveau à l'exemple de la narration animée portant sur la foudre dans une encyclopédie multimédia, on peut démontrer que certaines caractéristiques de la voix encouragent l'élève à

répondre socialement à un tuteur en ligne. Dans cette situation d'apprentissage, si le message est communiqué par le biais d'une voix humaine, un sentiment de présence sociale sera créé chez l'apprenant. En contraste, si la voix est celle d'une machine ou encore si le texte est narré par une voix humaine très accentuée, ce dernier aura moins l'impression que quelqu'un tente d'établir une relation personnelle avec lui.

Créer un personnage animé. Nous avons vu que la création d'un personnage animé est davantage utile pour mettre en évidence le contenu important d'une présentation que pour essayer de susciter une réponse sociale de la part de l'apprenant. Par exemple, dans une encyclopédie multimédia, le personnage animé pourrait avoir l'apparence d'un homme qui, oralement, dégagerait les idées principales de l'ensemble des explications fournies à propos de la formation des éclairs. Autre exemple : dans une leçon en ligne traitant de la résolution de problèmes arithmétiques, Peddy le perroquet pourrait pointer les étapes de la démarche au fur et à mesure qu'il les décrit.

Pour en savoir davantage

- Atkinson, R. K. (2002). Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents. *Journal of Educational Psychology*, 94, 416-427.
- Craig, S. D., Gholson, B., Driscoll, D. M. (2002). Animated pedagogical agent in multimedia educational environments: Effects of agent properties, picture features, and redundancy. *Journal of Educational Psychology*, 94, 428-434.
- Mayer, R. E., Dow, G., Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds? *Journal of Educational Psychology*, 95, 806-813.
- Mayer, R. E., Fennell, S., Farmer, L., Campbell, J. (2004). A personalization effect in multimedia learning: Students learn better when words are in conversational style rather than formal style. *Journal of Educational Psychology*, 96, 389-395.
- Mayer, R. E., Sobko, K., Mautone, P. D. (2003). Social cues in multimedia learning: Role of speaker's voice. *Journal of Educational Psychology*, 95, 419-425.
- Moreno, R., Mayer, R. E. (2000). Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 92, 724-733.
- Moreno, R., Mayer, R. E. (2004). Personalized messages that promote science learning in virtual environments. *Journal of Educational Psychology*, 96, 165-173.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spire, H. A., Lester, J. C. (2001). The case for social agency in computer-based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19, 177-213.

Quelles stratégies
d'enseignement employer?

PRINCIPE 8 – LE PRINCIPE DE LA DÉCOUVERTE GUIDÉE

EN BREF

Dans un environnement axé sur la découverte, le mode d'apprentissage est inductif. L'enseignant n'explique pas directement les règles et les principes à l'élève. Ce dernier acquiert plutôt des connaissances en travaillant à partir d'expériences ou d'exemples concrets. Le principe de la découverte guidée stipule qu'on apprend mieux quand le processus de la découverte est combiné à de la guidance et que celle-ci est intégrée à l'environnement d'apprentissage.

UN PEU DE THÉORIE

Lorsqu'il apprend par la découverte, l'élève joue plus ou moins le rôle d'un scientifique qui tente de construire une théorie sur la base de ses observations. Il doit notamment formuler et vérifier des hypothèses, interpréter des données, conserver des traces de son expérimentation, etc. Comme il s'agit d'une méthode d'apprentissage complexe, il peut être difficile de compléter la tâche demandée. Sans compter qu'un problème rencontré à l'une ou l'autre des nombreuses étapes du processus de la découverte, la formulation de l'hypothèse par exemple, peut entraîner des résultats erronés. Voilà pourquoi, dans le but de favoriser l'acquisition de connaissances dans un environnement axé sur la découverte, il est important de fournir de la guidance à l'élève.

La «guidance», c'est-à-dire le soutien cognitif, qu'on donne à l'élève au cours du processus d'apprentissage par la découverte peut prendre plusieurs formes. Il est possible de l'offrir de manière directive si, par exemple, l'enseignant suggère des pistes à l'apprenant en ce qui concerne la planification de l'expérimentation. Il est possible également de guider de manière non directive, si l'enseignant met à la disposition de l'élève un outil qui permet d'enregistrer, de réorganiser et de visionner le nombre de fois voulu une expérimentation sur un logiciel informatique par exemple. De plus, il y a plusieurs types de guidance qui ont pour fonction d'aider l'apprenant sur différents plans, comme ceux de l'organisation des connaissances liées à un domaine d'apprentissage, de la planification et de la conduite de l'expérimentation ainsi que de l'élaboration de la réflexion portant sur le processus de la découverte.

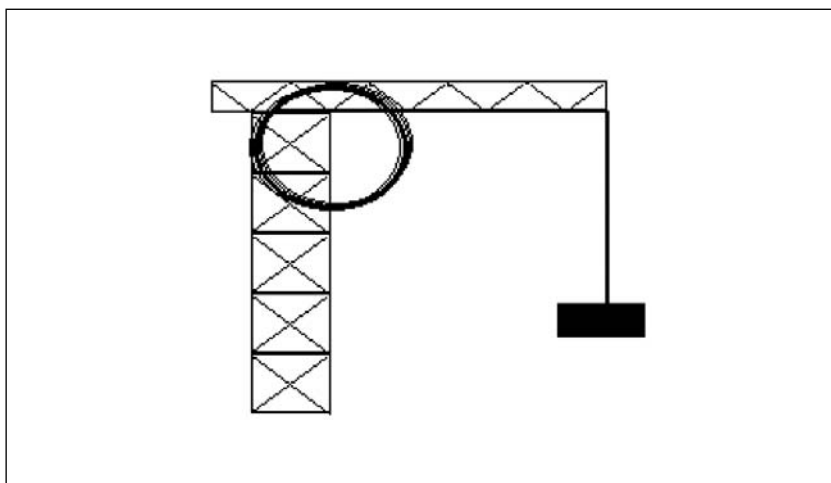
Étant donné sa complexité, la méthode d'apprentissage par la découverte exige beaucoup d'efforts cognitifs de la part de l'élève. Quand la guidance a des effets positifs sur l'acquisition de connaissances, elle réduit la charge cognitive imposée à la mémoire de travail. Des études ont démontré qu'entraîner l'élève à l'approche par la découverte hors de son contexte, autrement dit avant qu'il soit engagé dans le processus réel, avait peu d'impact sur le développement de ses habiletés de découverte telles qu'observer et prédire.

EXEMPLES PRATIQUES

Apprendre à partir d'une simulation sur ordinateur. La simulation d'un modèle réel sur ordinateur constitue l'exemple par excellence d'un environnement multimédia lié à l'apprentissage par la découverte. Dans un environnement de la sorte, par le biais d'un programme informatisé, l'élève est amené à déduire les propriétés d'un modèle en changeant la valeur des variables d'entrée et en observant les résultats de ses manipulations, soit la valeur des variables de sortie. Il est possible d'acquérir des connaissances dans divers domaines, comme la physique, la chimie, la médecine et l'économie, à l'aide de simulations sur un ordinateur. De plus, ces dernières peuvent être simples mais aussi, grâce aux animations, sophistiquées et réalistes.

Créer des environnements d'apprentissage basés sur la simulation à l'aide du logiciel Simquest. Le logiciel *Simquest* permet de créer des environnements d'apprentissage basés sur la simulation. À partir de ce logiciel, on peut simuler en physique la rotation d'un rouleau de fil de fer lorsqu'une force est exercée sur celui-ci. Au départ, l'image d'une grue, semblable à celle qui est illustrée à la figure 8, est présentée sur l'écran de l'ordinateur. Ensuite, la tâche de l'élève consiste à utiliser les boutons de contrôle pour augmenter ou diminuer le poids de la charge, la déplacer vers le haut, le bas, la gauche ou la droite et observer les changements causés par la modification de la force exercée sur le rouleau de fil de fer. Enfin, ce processus de découverte conduit à l'apprentissage de principes de physique, comme la quantité de force nécessaire pour entraîner la rotation du fil de fer.

FIGURE 8
IMAGE D'UNE GRUE



Combiner la simulation à de la guidance. Dans la simulation portant sur la rotation d'un rouleau de fil de fer, il est possible d'avoir recours à différents moyens pour guider l'élève pendant le processus de découverte. Par exemple, l'environnement d'apprentissage peut être conçu de manière à ce qu'il y ait trois niveaux de progression. Au premier niveau, on invite l'élève à faire des observations de nature qualitative; au deuxième, de nature quantitative et les concepts de force et de distance lui sont présentés; au troisième, un concept de plus est ajouté, celui de hauteur. Indirectement, l'enseignant qui met en place une progression dans le processus de découverte offre une guidance à l'apprenant qui permet à ce dernier d'organiser ses connaissances du simple au complexe.

D'autres formes de guidance peuvent être fournies dans le contexte de l'apprentissage à partir de la simulation de la rotation d'un rouleau de fil de fer. Il est possible de proposer des exercices à l'élève tel que celui qui est présenté à la figure 9. Cet exercice contient une question posée par le système informatique, une réponse à cocher par l'apprenant et une rétroaction. Aussi, on peut mettre à la disposition de l'élève un outil qui l'aide à formuler des hypothèses. Un exemple de ce genre d'outil est présenté à la figure 10. Comme nous pouvons voir, l'apprenant compose d'abord son hypothèse en effectuant une sélection parmi des variables prédéfinies. Ensuite, il choisit une réponse. Puis, il procède à l'expérimentation. En terminant, soulignons que, pour être efficace, la guidance doit être intégrée à l'environnement d'apprentissage, dans des fenêtres qui sont placées à côté de la simulation par exemple.

FIGURE 9
EXEMPLE DE GUIDANCE FOURNIE SOUS LA FORME D'UN EXERCICE

Question:

Est-ce qu'un déplacement de la charge vers le haut ou vers le bas entraîne une rotation du rouleau de fil de fer?

Réponse:

- √ a) Oui, mais seulement si le déplacement est effectué vers le haut.
- b) Oui, mais seulement si le déplacement est effectué vers le bas.
- c) Oui, un déplacement de la charge vers le haut comme vers le bas entraîne une rotation du rouleau de fil de fer.
- d) Non, aucun de ces deux types de déplacement n'entraîne une rotation du rouleau de fil de fer.

Rétroaction:

Ce n'est pas la bonne réponse.

Essaie de trouver la bonne réponse en déplaçant la charge vers le haut et vers le bas, puis, en observant si les déplacements entraînent une rotation du rouleau de fil de fer.

FIGURE 10
EXEMPLE DE GUIDANCE FOURNIE SOUS LA FORME D'UN OUTIL
QUI AIDE L'ÉLÈVE À FORMULER DES HYPOTHÈSES

Si	la force	▼	est nulle	▼
Alors	la rotation	▼	est nulle	▼
Réponse	Vrai	▼		
Hypothèse	Réponse	Expérimentation		
Si la force est nulle alors la rotation est nulle.	Vrai.	√		
Si la force est augmentée alors la rotation est augmentée.	Probablement vrai.			

Pour en savoir davantage

de Groot, A. D. (1969). *Methodology, foundations of inference and research in the behavioural sciences*. The Hague, The Netherlands: Mouton.

de Jong, T., Nijoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl, et L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp.411-429). Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Klahr, D., Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.

Swaak, J., de Jong, T. (1996). Measuring intuitive knowledge in science: The development of the what-if-test. *Studies in Educational Evaluation*, 22, 341-362.

van der Meij, J., de Jong, T. (2004). *Learning with multiple representations: Supporting students' translation between representations in a simulation-based learning environment*. Paper presented at the American Educational Research Association, San Diego, CA.

PRINCIPE 9 – LE PRINCIPE DE L'EXEMPLE CIBLÉ

EN BREF

Le principe de l'exemple ciblé est utilisé dans le contexte de la résolution de problèmes. Selon ce principe, on apprend mieux quand des exemples ciblés sont étudiés au préalable. Enseigner à partir d'exemples ciblés consiste à présenter successivement un problème, les étapes de la démarche de résolution et la réponse finale. Typiquement, cette technique est utilisée en mathématiques et en physique de la manière suivante : d'abord, l'enseignant formule un principe, une règle ou un théorème ; ensuite, il fournit des exemples ciblés ; puis, il propose à l'apprenant de résoudre des problèmes.

UN PEU DE THÉORIE

Dans certains ouvrages portant sur les méthodes d'enseignement, des auteurs défendent l'idée que l'élève doit « faire » pour apprendre. Autrement dit, ils suggèrent que demander à l'élève de résoudre des problèmes complexes, sans même y avoir été préparé, favorise l'apprentissage. Cette façon de penser va à l'encontre du principe de l'exemple ciblé. D'après ce principe, avant que l'apprenant se lance dans la résolution de problèmes, il est préférable de lui offrir la possibilité d'acquérir des connaissances de base à propos de la manière de raisonner spécifique à un domaine.

Lorsque l'élève possède peu de connaissances antérieures dans un domaine, il a recours à des stratégies générales pour résoudre le problème. Souvent, après avoir déployé beaucoup d'efforts cognitifs à emmagasiner une grande quantité d'informations dans sa mémoire de travail et à effectuer des comparaisons avec le problème initial, l'état de sa démarche ainsi que le but visé, il parvient à trouver la bonne réponse finale. Cependant, son expérience de résolution de problèmes ne lui permet pas encore d'acquérir des habiletés liées à un domaine spécifique. En contraste, si préalablement on lui présente des exemples ciblés, au lieu de centrer son attention sur le fait de devoir performer, l'apprenant prendra d'abord le temps de comprendre un principe propre à un domaine. Par la suite, il pourra l'appliquer en tentant de résoudre des problèmes à l'aide de procédures spécifiques.

Il est important de comprendre que l'étude d'exemples ciblés est particulièrement efficace quand l'apprenant cherche à s'expliquer à lui-même le rationnel des démarches présentées. Pour permettre à l'élève de développer ce processus d'auto-explication, on peut l'entraîner et lui fournir de l'aide à sa demande ou en réaction à une de ses erreurs de raisonnement. À cet égard, il est possible de lui faciliter la tâche de trois manières. Premièrement, en créant des exemples ciblés qui respectent les autres principes multimédias, notamment ceux de l'attention divisée et de modalité. Deuxièmement, en présentant plusieurs problèmes qui sont reliés à des principes spécifiques, tels la loi de Newton ou des règles de probabilité par exemple, et en insistant sur la structure de ceux-ci. Troisièmement, en mettant l'accent sur les sous-objectifs des problèmes présentés ou encore en décrivant la démarche de résolution étape par étape.

Finalement, ajoutons que l'enseignant peut soutenir l'élève lors de la période du passage de l'étude d'exemples ciblés à la résolution de problèmes en lui fournissant une partie de la démarche au commencement, puis, en l'amenant graduellement à résoudre le problème entièrement par lui-même. De plus, notons que l'application du principe de l'exemple ciblé n'est pas recommandée dans le cas où le niveau d'expertise de l'apprenant est élevé. Comme certaines étapes de la résolution de problèmes deviennent automatisées chez l'élève expérimenté, ce dernier apprend mieux en résolvant des problèmes complexes qu'en étudiant des exemples ciblés.

EXEMPLES PRATIQUES

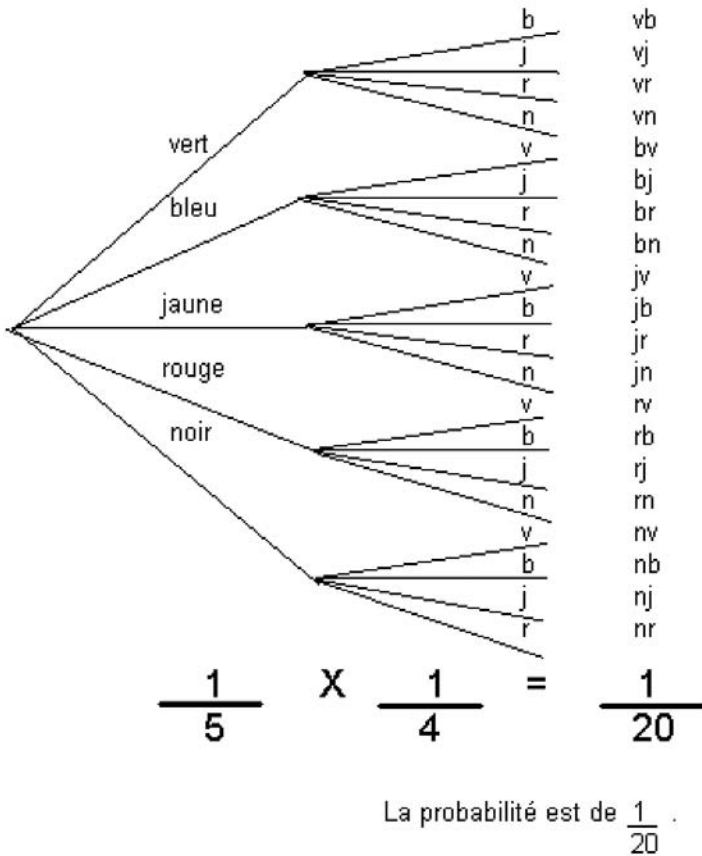
Enseigner les probabilités. La figure 11 présente un exemple ciblé qui peut être employé pour enseigner les probabilités. Il comporte les éléments suivants: un problème, les étapes de la démarche de résolution et la réponse finale. Pour résoudre le problème présenté, il faut appliquer une règle de multiplication. Habituellement, l'élève sait comment multiplier mais il comprend rarement la manière spécifique de raisonner propre à la multiplication. L'enseignant est en mesure de l'aider à acquérir cette connaissance en l'amenant à faire des liens entre les ramifications de l'arbre et l'information correspondante contenue dans la formule arithmétique.

Types de raisonnements que l'apprenant peut adopter lorsqu'il tente de s'expliquer à lui-même le rationnel des démarches présentées. Des bénéfices seront tirés du recours à des exemples ciblés si l'apprenant étudie les démarches présentées. Plus précisément, s'il tente de s'expliquer à lui-même leur rationnel. Pour ce faire, quatre types de raisonnements peuvent être adoptés. Premièrement, il est possible de chercher à comprendre le principe de base des démarches de résolution. Dans l'exemple ciblé portant sur les probabilités, l'élève pourrait se dire : « À cette étape, les probabilités sont multipliées parce que les événements se produisent en même temps et ils sont indépendants. ». Deuxièmement, une signification peut être assignée aux opérateurs. Toujours dans le même exemple, l'élève pourrait penser : « En soustrayant la probabilité X de 1, on a la probabilité de non-X. ». Troisièmement, les similarités et les différences entre plusieurs exemples ciblés peuvent être identifiées. Enfin, quatrièmement, l'apprenant peut essayer d'anticiper la prochaine étape de la démarche de résolution et, ensuite, confirmer sa prédiction en se référant à l'exemple ciblé qui lui a été fourni.

FIGURE 11
EXEMPLE CIBLÉ QUI PEUT ÊTRE EMPLOYÉ POUR ENSEIGNER
DANS LE DOMAINE DES PROBABILITÉS

Tu participes à une course de vélo avec un de tes amis. L'entraîneur apporte cinq casques (un vert, un bleu, un jaune, un rouge et un noir). Il les distribue aléatoirement aux participants. Tu es le premier à recevoir un casque et ton ami est le deuxième.

Quelle est la probabilité que tu reçoives le casque bleu et que ton ami reçoive le casque vert ?



Entraîner l'élève à raisonner par lui-même. Naturellement, l'élève n'a pas tendance à chercher à s'expliquer à lui-même le rationnel des démarches présentées. Toutefois, on peut lui permettre de développer ce réflexe en mettant en place une intervention qui dure de dix à quinze minutes. Celle-ci consiste en un entraînement qui se déroule en trois temps. Pour commencer, l'enseignant donne des informations sur l'importance de faire des efforts pour essayer de raisonner par soi-même. Ensuite, il modèle différents types de raisonnements à l'aide d'exemples ciblés. Puis, il offre une pratique guidée à l'apprenant en utilisant d'autres exemples ciblés.

Pour en savoir davantage

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., Wortham, D. W. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70, 181-214.
- Chi, M. T., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Große, C. S., Renkl, A. (2003). Example-based learning with multiple solution methods fosters understanding. In F. Schmalhofer, R. Young, G. Katz (Eds.), *Proceeding of EuroCogSci 03. The European Cognitive Science Conference 2003* (pp.163-168). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Renkl, A., Stark, R., Gruber, H., Mandl, H. (1998). Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 90-108.
- Sweller, J., Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59-89.

PRINCIPE 10 – LE PRINCIPE DE COLLABORATION

EN BREF

Grâce aux progrès technologiques, il est possible de participer à des activités d'apprentissage en groupe collaboratif à partir d'un ordinateur. Dans ce type d'environnement multimédia, les élèves peuvent soit communiquer en étant connectés sur Internet, soit employer le même poste de travail. Le principe de collaboration nous enseigne qu'on apprend mieux quand le programme informatique possède des caractéristiques qui contribuent à faciliter les processus de coopération et de communication.

UN PEU DE THÉORIE

D'après certaines théories sur l'apprentissage, l'acquisition de connaissances ne résulte pas seulement de la réorganisation du savoir individuel mais aussi des interactions sociales et des activités de collaboration conduites au sein d'un groupe d'apprenants. En ayant recours à la technologie informatique, l'enseignant peut offrir la possibilité à ses élèves de collaborer et ainsi d'enrichir leurs connaissances. Prendre part à un forum de discussion en ligne, par exemple, permet à ceux-ci de communiquer leurs idées de façon interactive, d'accéder à des informations additionnelles et de s'engager dans des activités collaboratives de résolution de problèmes.

Pour utiliser les systèmes informatiques le plus efficacement possible dans le cadre du travail collaboratif, il faut examiner différents aspects, à savoir la nature de l'outil technologique employé, la composition du groupe d'élèves, le type de tâche proposée, le rôle qui peut être joué par l'enseignant, la possibilité de créer un climat favorable à la construction d'une communauté d'apprentissage, le genre d'évaluation envisagée ainsi que les ressources offertes pour faciliter et guider les discussions.

On peut mener des activités d'apprentissage collaboratif en se servant d'outils technologiques tels que les courriels, les forums de discussion, le clavardage et WebCT. Puisque ces outils sont de nature différente, ils ne comportent pas les mêmes caractéristiques. Certains d'entre eux peuvent être faciles à utiliser alors que d'autres peuvent

exiger plus d'habiletés techniques. Il est important de chercher à tirer avantage des outils technologiques qui sont à notre disposition en sélectionnant ceux qui conviennent à nos pratiques pédagogiques et qui répondent aux besoins de nos élèves.

La composition du groupe d'apprenants influence les processus de communication et de collaboration. Toutefois, des facteurs reliés au travail collaboratif sont sous notre contrôle et peuvent être gérés pour favoriser l'acquisition de connaissances. À titre d'exemple, il est possible d'analyser les forces et les faiblesses de nos élèves dans le but d'adapter les tâches en fonction de leurs différences individuelles ou encore afin de leur assigner des rôles spécifiques qu'ils sont en mesure d'assumer.

Les effets bénéfiques du travail collaboratif sur l'apprentissage se font d'autant plus sentir quand l'interdépendance est essentielle à l'accomplissement de la tâche proposée. Plus les niveaux de difficulté et de complexité de cette dernière sont élevés, plus les membres du groupe sont appelés à collaborer de manière significative. Par exemple, les activités de résolution de problèmes suscitent fortement le besoin de collaborer chez les apprenants.

Dans un environnement d'apprentissage basé sur un système informatique, les messages sont communiqués dans une forme textuelle uniquement. Étant donné ce contexte de communication particulier, les élèves peuvent être moins motivés à participer aux échanges. Il est donc nécessaire pour l'enseignant de jouer le rôle de « médiateur », c'est-à-dire de faciliter les processus de collaboration et de communication en étant compréhensif, enthousiaste et amical, en fournissant des instructions claires et en donnant des rétroactions rapidement.

Pour construire une communauté d'apprentissage, on doit faire en sorte que les interactions sociales entre les membres du groupe soient de bonne qualité et que la participation de chacun soit favorisée. L'enseignant a la possibilité de créer ce genre de climat en ayant recours à divers moyens, comme personnaliser ses messages, former des petits groupes d'élèves, jouer le rôle de modérateur et mettre en place des structures pédagogiques qui favorisent le partage des connaissances.

Le plus souvent, les résultats des activités d'apprentissage en groupe collaboratif sont évalués à l'aide de questionnaires portant sur le niveau de satisfaction des élèves ainsi que d'observations de la qualité de la communication entre ces derniers. Les rédactions, les cartes conceptuelles et les examens peuvent aussi être employés. Cependant, ces instruments

d'évaluation comportent des lacunes. Le premier manque d'authenticité, le deuxième ne permet pas d'évaluer suffisamment en profondeur et le troisième ne permet pas d'évaluer précisément les apprentissages qui découlent du travail effectué en collaboration. Vu la complexité des tâches proposées aux groupes collaboratifs, plus d'une forme d'évaluation devraient être envisagées.

Au départ, les membres d'un groupe d'apprentissage collaboratif qui travaillent à partir d'un ordinateur ne sont pas nécessairement compétents pour communiquer et collaborer mais, en plus, on leur demande de le faire dans un mode différent du face à face habituel. C'est pourquoi il est préférable d'avoir recours à un système informatique qui offre des ressources pour faciliter et guider les discussions. Par exemple, le système peut soutenir les élèves dans la construction de messages en leur fournissant un cadre et des pistes d'écriture.

EXEMPLES PRATIQUES

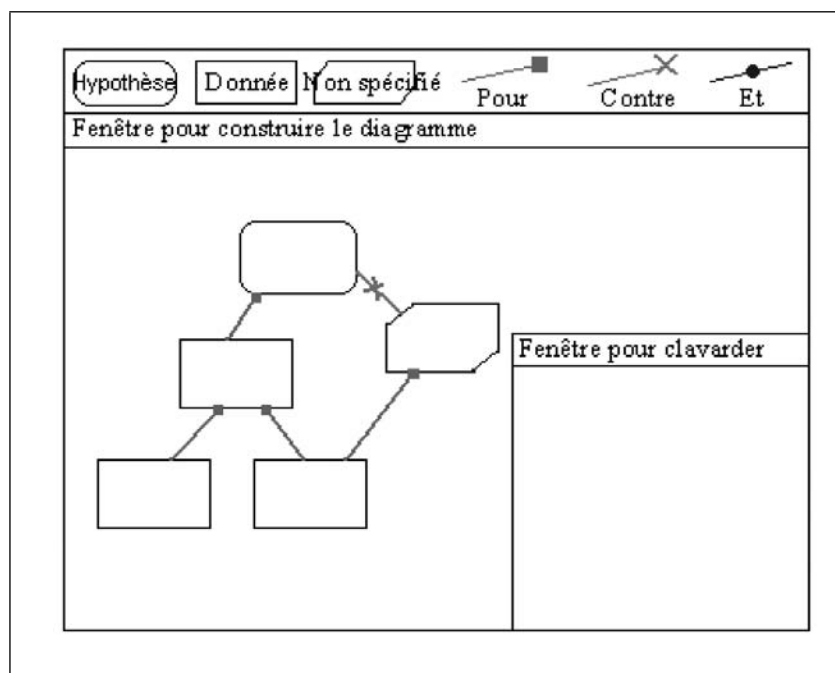
Examiner la nature de l'outil technologique utilisé. Un enseignant qui décide de mener une activité d'apprentissage en groupe collaboratif à partir d'un ordinateur peut choisir d'avoir recours à un outil technologique de nature synchrone, comme le clavardage et les vidéoconférences, ou a-synchrone, comme les courriels et les enregistrements audio. Chacune de ces formes de technologies a ses forces et ses faiblesses. Alors que la synchronie favorise la spontanéité et les débats, l'a-synchronie permet aux apprenants de disposer de plus de temps pour analyser l'information, réfléchir et composer leurs messages. Lorsqu'on enseigne une langue seconde, par exemple, il y a avantage à employer les deux formats. Les outils synchroniques donnent la possibilité aux élèves de discuter dans un langage courant alors que les outils a-synchroniques leur permettent de s'exprimer dans un langage plus complexe syntaxiquement.

Créer un climat favorable à la construction d'une communauté d'apprentissage. Dans un environnement d'apprentissage basé sur un système informatique, il est plus difficile de développer un sentiment de présence sociale. Par conséquent, les élèves peuvent être moins motivés à interagir et à collaborer avec leurs partenaires. Néanmoins, un climat favorable à la construction d'une communauté d'apprentissage peut tout de même être créé si les membres du groupe interagissent de manière chaleureuse et amicale. S'adresser aux autres par leur nom, complimenter, exprimer son appréciation et ses émotions, utiliser la fonction «répondre» pour

donner suite à un message, avoir recours à l'humour et aux salutations sont autant de moyens contribuant à personnaliser la communication et à encourager les échanges.

Utiliser un système informatique qui offre des ressources pour faciliter et guider les discussions. *Belvédère* constitue un exemple d'outil technologique synchrone qui offre des ressources pour faciliter et guider les discussions entre les membres d'un groupe d'apprentissage collaboratif. L'écran de travail de ce système informatique est présenté à la figure 12. Il comporte deux fenêtres. Une dans laquelle les élèves clavardent et une dans laquelle ils construisent un diagramme. La construction du diagramme se déroule de la manière suivante : à chaque fois qu'un apprenant émet un message, il doit le relier à un commentaire existant par un lien prédéfini (« Pour », « Contre » ou « Et ») et préciser son type (« Hypothèse », « Donnée » ou « Non spécifié »). Le diagramme permet aux utilisateurs de structurer les informations qu'ils échangent et de garder des traces de leurs discussions. Ces fonctions sont particulièrement utiles lorsqu'on propose une tâche de résolution de problèmes aux élèves.

FIGURE 12
ÉCRAN DE TRAVAIL DU SYSTÈME INFORMATIQUE *BELVÉDÈRE*



Pour en savoir davantage

- Johnson, D. W., Johnson, R. T. (2004). Cooperation and the use of technology. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 785-811). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H.; Henning, P. (1999). Mental models: Knowledge in the head and knowledge in the world. *Educational Technology*, 39 (3), 37-42.
- Rourke, L., Anderson, T. (2002). Exploring social communication in computer conferencing. *Journal of Interactive Learning Research*, 13, 259-276.
- Sotillo, S. M. (2002). Discourse functions and syntactic complexity in synchronous and asynchronous communication. *Language Learning and Technology*, 14, 82-119.
- Suthers, D. D. (1998, April). *Representations for scaffolding collaborative inquiry on ill-structured problems*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

PRINCIPE 11 – LE PRINCIPE DE L'AUTO-EXPLICATION

EN BREF

Apprendre dans un environnement multimédia peut sembler difficile parce que cela exige des élèves qu'ils comprennent et intègrent des informations provenant de diverses sources, à savoir un texte et une illustration, ou encore une narration et une animation. Selon le principe de l'auto-explication, chercher à s'expliquer à soi-même le contenu présenté constitue une stratégie efficace qui permet à chaque apprenant de développer une compréhension profonde d'un phénomène complexe et qu'il est possible d'utiliser pour faciliter l'acquisition de connaissances dans un contexte multimédia.

UN PEU DE THÉORIE

De nombreuses études ont démontré que les élèves apprennent mieux à l'aide d'une combinaison de médias qu'à partir d'un seul. Cependant, pour tirer profit du multimédia, les élèves doivent se construire une représentation mentale des informations qui y sont contenues et les relier de manière à former une structure cohérente. Cette activité de construction, autrement dit d'auto-explication, mobilise beaucoup de ressources cognitives et les capacités des apprenants peuvent rapidement se trouver surchargées. De plus, bien que certains individus soient naturellement doués pour produire des auto-explications, plusieurs éprouvent de la difficulté à s'engager dans ce processus. L'auto-explication touche à divers mécanismes cognitifs tels que la génération d'inférences en cas d'information manquante, l'intégration du contenu provenant de différentes sources, la mise en relation de la nouvelle information avec les connaissances antérieures et la correction des modèles mentaux inexacts.

Pour plusieurs raisons, le recours à des environnements multimédias bien conçus favorise la production d'auto-explications. Premièrement, l'application des principes multimédias réduit les charges cognitives imposées à la mémoire de travail. Dans ce type d'environnement, on présente notamment les textes à proximité des illustrations, on élimine l'information qui n'est pas liée à l'objet d'apprentissage et on évite le contenu répétitif. De plus, comme de multiples formats sont employés pour présenter le contenu, les situations multimédias sont riches en

informations. Par conséquent, on donne davantage de chances à l'élève de relier le nouveau contenu à ses connaissances antérieures. Enfin, parce qu'il y a des relations entre les médias, les présentations multimédias facilitent l'intégration de l'information et la génération d'inférences.

Il est possible d'entraîner les apprenants à produire des auto-explications. Cet entraînement consiste à les amener à s'expliquer à eux-mêmes le contenu présenté, à leur fournir une pré-question qui guide la génération d'auto-explications ou à les inciter directement à pratiquer l'auto-explication. Une différence de qualité dans les auto-explications a été constatée entre des élèves ayant suivi un entraînement approprié et d'autres appelés à le faire spontanément. Les jeunes ont besoin d'une quantité de soutien plus ou moins grande pour arriver à s'auto-expliquer les informations contenues dans une présentation.

EXEMPLES PRATIQUES

Produire des auto-explications dans un contexte multimédia. Supposons que deux fenêtres soient affichées à l'écran d'un ordinateur. Une contient un texte et l'autre, une image. L'apprenant lit que « la cornée assure environ 70 % de la réfraction ». Ensuite, il se pose la question suivante : « Alors, je me demande ce qui en est de l'autre 30 % ? ». Après avoir regardé un schéma de la structure de l'œil humain qui comporte le nom de ses parties ainsi qu'une illustration des rayons lumineux pénétrant dans le globe oculaire, il se dit : « D'accord, je comprends maintenant. J'ai toujours pensé qu'il y avait seulement le cristallin et que la cornée et le cristallin étaient la même chose. Maintenant, je réalise que c'est le cristallin qui fait le reste du travail. Je pensais que c'était tout le cristallin ou toute la cornée parce que je pensais que c'était la même chose. Je suis en train d'apprendre quelque chose. ».

Ici, les auto-explications prennent plusieurs formes. L'élève s'engage dans des activités de métacognition lorsqu'il se demande « ce qui en est de l'autre 30 % » et quand il se dit qu'il est « en train d'apprendre quelque chose ». Aussi, les phrases « J'ai toujours pensé qu'il y avait seulement le cristallin et que la cornée et le cristallin étaient la même chose. » et « Je pensais que c'était tout le cristallin ou toute la cornée parce que je pensais que c'était la même chose. » nous indiquent que des liens sont faits avec les connaissances antérieures. De plus, un modèle mental

inexact, c'est-à-dire la confusion entre la cornée et le cristallin, est corrigé. Finalement, cette suite d'événements amène l'apprenant à intégrer des informations provenant de deux médias et à inférer que « c'est le cristallin qui fait le reste du travail ».

Mettre en place des moyens pour favoriser la génération d'auto-explications. Exposer une personne à des perspectives multiples concernant un problème favorise la génération d'auto-explications. Par exemple, dans une situation de résolution de problèmes en mathématique, il est possible pour l'enseignant de demander à un élève de s'expliquer à lui-même les réponses d'un pair. En comparant son propre raisonnement à celui d'un autre, l'apprenant fera peut-être face à un conflit cognitif qui l'amènera à corriger ses représentations mentales erronées.

Des moyens qui sont liés à la production de diagrammes peuvent aussi être employés pour encourager les élèves à générer des auto-explications. Créer des dessins, par exemple, constitue une stratégie efficace pour faciliter l'engagement dans ce processus. Toutefois, il est encore plus bénéfique de chercher à s'expliquer à soi-même le contenu de ses propres dessins ou encore de les comparer à d'autres illustrations.

Pour en savoir davantage

- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 161-238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cox, R. (1999). Representation constructing, externalized cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9, 343-363.
- Schnotz, W., Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- Siegler, R. S. (2002). Microgenetic studies of self-explanation. In N. Granott and J. Parziale (Eds.), *Microdevelopment: Transition processes in development and learning* (pp.31-58). New York: Cambridge University Press.
- Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93, 129-140.

Page laissée blanche intentionnellement

Comment utiliser les outils informatisés ?

PRINCIPE 12 – LE PRINCIPE D'ANIMATION

EN BREF

Au cours de la dernière décennie, les environnements d'apprentissage multimédia ont beaucoup évolué. Aujourd'hui, il est non seulement possible d'utiliser des images statiques pour enseigner à partir d'un ordinateur mais aussi des graphiques animés. Bien que cette deuxième forme de présentation soit plus sophistiquée que la première, si l'on se fie au principe d'animation que nous avons vu auparavant, on n'apprend pas nécessairement mieux de cette manière. En effet, un diagramme statique peut fort bien faire l'affaire. L'efficacité du recours aux animations dépend du type de contenu présenté ainsi que de la manière dont les animations ont été conçues.

UN PEU DE THÉORIE

Les animations ont le potentiel d'améliorer l'apprentissage dans différents contextes. Elles peuvent être employées afin de visualiser un phénomène difficile ou impossible à observer dans la réalité, comme le mouvement des plaques tectoniques et la circulation du courant dans un circuit électrique. On peut y avoir recours dans le but de produire un conflit cognitif. En physique, par exemple, le scénario pourrait consister à présenter plusieurs animations portant sur le même phénomène et à demander aux apprenants de choisir la bonne illustration. Il est possible également d'utiliser les animations pour amener les élèves à interagir avec le matériel d'enseignement. Par exemple, il peut s'agir d'exercer un contrôle sur le rythme de la présentation, à l'aide des fonctions « Pause », « Jouer », « Accélérer » et « Rembobiner » ou encore, dans le cas d'une simulation, de manipuler plusieurs paramètres.

Il faut savoir que, souvent, un diagramme statique peut faire l'affaire. En fait, même si les processus sont continus, les gens ont tendance à les percevoir comme une succession d'étapes. Par exemple, le fonctionnement d'un moteur à quatre temps est représenté par quatre illustrations dans la plupart des manuels de mécanique. Les apprenants bénéficient des graphiques animés seulement quand ils sont incapables d'inférer mentalement les transitions entre les images statiques ou lorsqu'ils ne sont pas en mesure de se construire un modèle mental d'un phénomène

soit parce qu'ils sont débutants dans un domaine, soit parce que l'effort cognitif exigé est trop grand.

Avec une animation, l'élève n'a pas besoin de simuler mentalement le fonctionnement d'un système. Par conséquent, une illusion de comprendre peut facilement être créée. Il est possible d'éviter cet obstacle à l'apprentissage en respectant des principes de conception d'animations, comme les principes de contiguïté, de modalité et de signalisation ou d'attention dirigée qui ont été abordés antérieurement ainsi que les principes d'appréhension, de congruence, d'interactivité, et de flexibilité que nous verrons brièvement plus loin.

EXEMPLES PRATIQUES

Faciliter la visualisation d'un phénomène difficile à observer dans la réalité. Le passage de la planète Vénus devant le Soleil est un événement difficile à observer dans la réalité parce qu'il se produit irrégulièrement. Cependant, l'enseignant peut expliquer ce phénomène d'astronomie à l'aide d'une animation accompagnée d'une narration. À la base, des graphiques animés illustrant les trajectoires respectives de la Terre, de Vénus et du Soleil pourraient être présentés sur deux plans, un sur lequel les planètes sont vues de l'extérieur du système solaire et un autre qui offre une vue de la Terre. De plus, il serait possible de segmenter la présentation en seize parties et de permettre à l'élève d'exercer un contrôle sur le déroulement de la séquence.

Respecter les principes d'appréhension, de congruence, d'interactivité, de l'attention dirigée et de flexibilité. Respecter le principe d'appréhension, c'est faire en sorte que les apprenants aient de la facilité à percevoir les objets illustrés dans l'animation. À titre d'exemple, un mode de représentation graphique conventionnel, propre au domaine étudié, devrait être employé. Aussi, les caractéristiques attrayantes, comme les graphiques en trois dimensions, devraient être évitées.

Selon le principe de congruence, il est parfois nécessaire de déformer la réalité pour favoriser la compréhension d'une relation de cause à effet. En mécanique, par exemple, on a avantage à représenter deux phénomènes qui se produisent en même temps, à savoir l'ouverture des valves et l'eau qui coule à l'intérieur, comme s'ils se suivaient dans la chaîne de causalité.

L'information contenue dans l'animation est mieux comprise si l'apprenant exerce un contrôle sur le rythme de la présentation. Voilà ce que nous enseigne le principe d'interactivité. Par exemple, inclure un bouton « Résumé » dans une animation pré-segmentée donne le temps à l'élève de traiter le contenu présenté sans surcharge cognitive et de l'intégrer progressivement dans un modèle mental.

Dans une animation, il y a souvent plusieurs changements qui sont illustrés de manière simultanée. D'après le principe de l'attention dirigée, le traitement du contenu présenté est facilité quand les commentaires verbaux et les graphiques comportent de la signalisation. Cette dernière peut consister en des flèches qui apparaissent près des éléments qui subissent un changement par exemple.

Puisqu'il est rarement possible de connaître le niveau des apprenants, le principe de flexibilité propose que des options pour exercer un contrôle sur la présentation des animations soient incluses dans le matériel d'enseignement multimédia. De plus, afin d'éviter la redondance entre les diagrammes statiques et les graphiques animés, des descriptions du contenu des animations devraient être fournies de manière écrite ou narrée.

Pour en savoir davantage

- Betrancourt, M., Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le travail Humain*, 63, 311-330.
- Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static displays of mechanical systems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18 (5), 1084-1102.
- Mayer, R. E., Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93, 390-397.
- Rebetz, C., Sangin, M., Betrancourt, M., Dillenbourg, P. (2004). Effects of collaboration in the context of learning from animations. In *Proceeding of EARLI SIG Meeting on Comprehension of Text and Graphics: Basic and Applied Issues*, September, 9-11, Universitat de Valencia: Valencia Spain, 187-192.
- Schnotz, W., Lowe, R. K. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13, 117-123.

PRINCIPE 13 – LE PRINCIPE DE NAVIGATION

EN BREF

On demande souvent aux élèves de faire des recherches à partir de textes imprimés ou de documents électroniques. Ce genre de tâche exige non seulement de lire dans le but de comprendre les informations mais aussi de localiser le contenu important à traiter. Selon le principe de navigation, les sources d'information devraient comporter des dispositifs qui aident les apprenants à chercher les renseignements dont ils ont besoin. Ces dispositifs, aussi appelés « moyens d'aide à la navigation », peuvent être des signalisations locales, comme les titres et les phrases d'introduction, ou encore des représentations globales du contenu, comme les tables des matières, les plans et les cartes conceptuelles.

UN PEU DE THÉORIE

Les signalisations locales et les représentations globales du contenu constituent des moyens d'aide à la navigation qui rendent la recherche d'informations plus efficace. C'est en se basant sur les premières que l'élève se construit un modèle mental du contenu présenté. La qualité de ce modèle varie donc en fonction de la clarté des renseignements fournis, et ce, notamment dans les titres et les phrases d'introduction. De leur côté, les représentations globales du contenu sont particulièrement utiles quand l'apprenant doit travailler à partir d'un texte complexe ou de plusieurs textes. Elles lui permettent de sélectionner les parties des documents qui sont liées à son objet d'étude.

De nombreux moyens d'aide à la navigation peuvent être employés autant dans des versions imprimées qu'électroniques. Toutefois, certains d'entre eux, tels que les hyperliens et les cartes conceptuelles interactives, sont disponibles uniquement sur les systèmes informatisés car ces derniers offrent la possibilité de présenter l'information en format hypertexte. Ce type de format est caractérisé par une disposition non linéaire du contenu. L'utilisateur accède aux renseignements qu'il cherche en parcourant différentes pages et en cliquant sur les liens qui l'intéressent.

Dans un environnement hypermédia, pour localiser l'information rapidement, il est préférable d'avoir recours à un menu dans lequel les éléments sont regroupés selon des catégories sémantiques plutôt que par ordre alphabétique. De plus, le menu devrait être structuré de façon à ce qu'il y ait un certain équilibre entre le nombre de catégories et la quantité d'options par catégorie, comme huit catégories dans lesquelles on trouve huit options ou trois catégories dans lesquelles on trouve quatre options. Aussi, en guise de complément aux renseignements qui figurent dans le menu, des hyperliens peuvent être incorporés directement au texte.

Si on utilise des cartes conceptuelles interactives, il faut savoir que les modèles hiérarchiques peuvent aider les apprenants qui possèdent peu de connaissances antérieures et que les modèles en forme de toile ne sont bénéfiques que pour les élèves avancés. Dans une carte conceptuelle, chaque nœud représente un passage du texte, soit sous la forme d'un titre ou d'une icône, et les relations entre les concepts sont représentées par des lignes ou des flèches. Ce mode de présentation est avantageux seulement lorsque les utilisateurs sont en mesure de reconnaître facilement les symboles employés.

EXEMPLES PRATIQUES

Recourir aux hyperliens. Quatre stratégies d'utilisation des hyperliens sont illustrées à la figure 13 : les liens incorporés directement au texte, les liens situés au bas de la page, les liens localisés dans la partie supérieure gauche de la page et les liens placés dans la marge de gauche près du contenu correspondant dans le texte. Quand les liens sont incorporés directement au texte, les expressions sur lesquelles l'utilisateur peut cliquer sont signalées par l'emploi de couleurs différentes ou d'un soulignement.

FIGURE 13
HYPERLIENS PRÉSENTÉS DE DIVERSES MANIÈRES¹

[illegible]

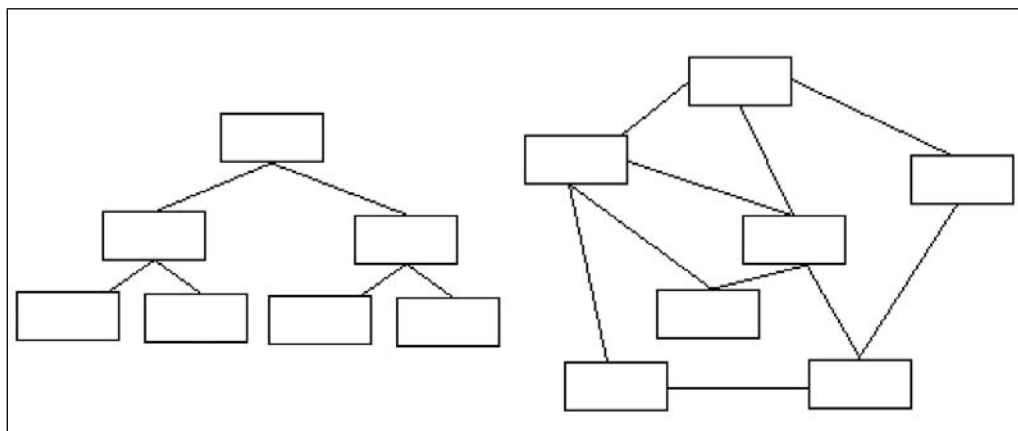
À l'exception des liens incorporés directement au texte, tous les exemples présentés à la figure 13 constituent des menus. Dans un hypertexte contenant plusieurs pages, il est nécessaire d'utiliser une forme de menu quelconque. En l'absence de ce dispositif, le lecteur perd la cohérence globale du texte. Par conséquent, même si les liens incorporés facilitent la reconnaissance de l'information clé, ils ne doivent pas remplacer le menu mais bien le compléter.

Des recherches ont démontré qu'un menu qui comporte deux niveaux de sélection, par exemple trente-deux catégories dans lesquelles on trouve seize options, aide davantage l'élève à s'orienter dans un environnement hypermédia qu'un menu à trois niveaux de sélection (8 x 8 x 8 options). Il semble cependant qu'un trop grand nombre de niveaux de sélection crée un effet de trop grande complexité chez l'apprenant, comme s'il essayait de mémoriser le chemin emprunté dans la hiérarchie.

1. Source: Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, p.301.

Utiliser des cartes conceptuelles interactives. Lorsqu'un enseignant songe à présenter des informations à l'aide d'une carte conceptuelle interactive, il doit prendre en compte les capacités de ses élèves. La figure 14 illustre un modèle hiérarchique et un modèle en forme de toile. Parce qu'il montre les relations de base entre les parties du texte, le premier modèle facilite la construction d'une représentation mentale chez l'apprenant qui possède peu de connaissances antérieures. En contraste, le modèle en forme de toile comporte des liens complexes et rend par conséquent la construction d'une représentation mentale plus difficile. Il convient donc aux individus plus expérimentés.

FIGURE 14
LES CARTES CONCEPTUELLES INTERACTIVES: UN MODÈLE HIÉRARCHIQUE
ET UN MODÈLE EN FORME DE TOILE²



L'efficacité des cartes conceptuelles dépendra donc du but poursuivi. Des chercheurs ont souligné que ce mode de présentation peut avoir un effet paradoxal. D'un côté, il diminuerait le coût cognitif lié à la recherche de renseignements en fournissant une représentation externe de la structure du texte. D'un autre côté, il encouragerait une approche passive qui nuirait à la mémorisation du contenu présenté.

2. Source: Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, p.305.

Pour en savoir davantage

- Foltz, P. W. (1996). Comprehension, coherence and strategies in hypertext and linear text. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. P. Dillon, and R. J. Spiro (Eds.), *Hypertext and cognition* (pp.109-136). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Goldman, S. R., Rakestraw, J. A. Jr. (2000). Structural aspects of constructing meaning from text. In M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson, and R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research. Volume III* (pp.311-335). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Guthrie, J. T., Kirsch, I. (1987). Distinctions between reading comprehension and locating information in text. *Journal of Educational Psychology*, 79, 210-228.
- Potelle, H., Rouet, J.-F. (2003). Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 327-345.
- Schwartz, M. N. K., Flammer, A. (1981). Text structure and title-effect on comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 61-66.

PRINCIPE 14 – LE PRINCIPE DE LA CARTE DU SITE

EN BREF

Dans un environnement en ligne, l'élève apprend mieux quand l'interface contient une carte qui indique où il est rendu dans sa leçon. C'est le principe de la carte du site. La carte peut consister en une simple table des matières ou en un graphique qui présente les différentes parties du site ainsi que les liens entre celles-ci. Il est possible que la carte du site figure directement sur la page d'accueil, qu'elle se trouve dans les options du menu d'aide ou qu'elle soit accessible par le biais d'un hyperlien.

UN PEU DE THÉORIE

La plupart des gens se sont déjà sentis perdus dans le cyberespace. Ils ont vécu l'expérience de visiter un site Internet et de se demander comment ils en sont arrivés à la page qu'ils sont en train de visionner ou encore comment ils peuvent retourner sur une page qui les a intéressés plusieurs clics auparavant. Dans un contexte éducatif, ce sentiment de désorientation nuit à l'acquisition des connaissances parce que les élèves utilisent des ressources cognitives pour trouver leur chemin plutôt que pour apprendre.

Une carte du site fournit à l'utilisateur une vue d'ensemble du contenu et de la structure du site qu'il visite. Elle lui permet de savoir où il se situe actuellement et où il veut aller. C'est à peu près comme le «vous êtes ici» sur les cartes des musées et des centres commerciaux. Il s'agit d'un outil efficace pour orienter les apprenants dans un environnement hypermédia et réduire la charge cognitive imposée à la mémoire de travail.

On recommande aux enseignants de prendre en compte les caractéristiques de leurs élèves lorsqu'ils construisent une carte du site. Jusqu'à maintenant, les recherches n'ont pas démontré que les apprenants expérimentés retirent des bénéfices d'une carte du site qui a été conçue pour les aider à rester orientés dans le cyberespace. Toutefois, ce type de carte favorise l'apprentissage chez les nouveaux venus dans un domaine, en particulier si le contenu de l'hypertexte est présenté de manière non ambiguë comme dans le cas d'un modèle hiérarchique.

À partir de la structure de la carte du site, les débutants dans une matière déterminent quels aspects sont les plus importants pour eux. Les apprenants de niveau intermédiaire peuvent aussi être avantagés par la présence d'une carte du site car celle-ci les expose à une perspective différente de leur savoir personnel existant et les amène ainsi à approfondir leur compréhension de l'objet étudié.

Finalement, signalons qu'une carte du site claire et complète qui présente exactement le contenu de l'hypertexte ne facilite pas nécessairement l'atteinte du but d'apprentissage. Il est préférable d'éviter d'insérer les liens relatifs aux pages qui ne sont pas utiles aux élèves. Créer des versions multiples d'une carte du site, certaines étant plus détaillées que d'autres, peut être une stratégie employée afin d'adapter le matériel d'enseignement aux besoins des apprenants.

EXEMPLES PRATIQUES

Avoir accès à deux cartes du site. Le site Internet du Zoo national de Washington (<http://natzoo.si.edu>) comporte deux cartes du site. L'une d'entre elles est accessible en cliquant sur un lien qui figure au bas de chaque page. En suivant ce lien, l'utilisateur voit apparaître une carte semblable à celle qui est illustrée à la figure 15. Il y trouve une liste hiérarchique des neuf sections principales du site, soit «Visite et renseignements», «Animaux», «Qui sommes-nous?», «Activités et événements», «Conservation et science», «Éducation», «Publications», «Fondation» et «Boutique».

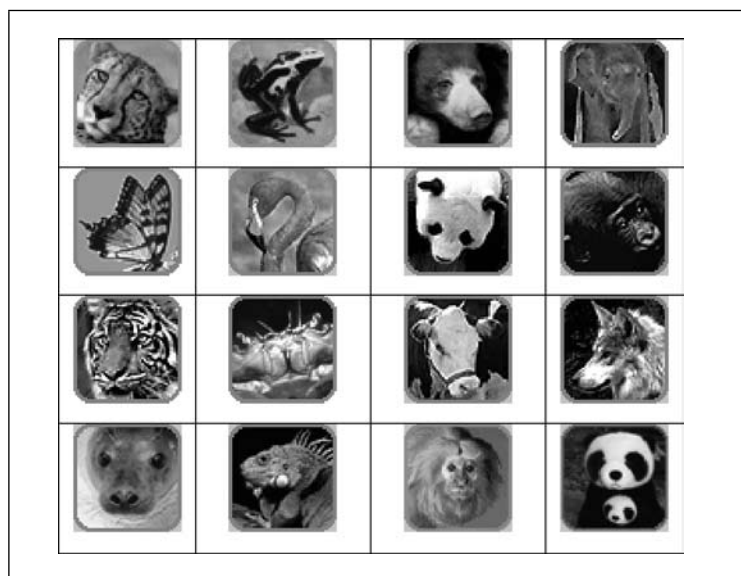
FIGURE 15
CARTE DU SITE CONÇUE POUR L'USAGE GÉNÉRAL



Cette carte fournit aux visiteurs une vue d'ensemble du contenu et de la structure du site. Si une personne cherche des renseignements sur les programmes éducatifs par exemple, elle peut restreindre sa recherche en consultant la section « Éducation ». La carte du site lui permet donc d'accéder directement à l'information qui l'intéresse. Il est même possible, qu'en lisant la liste des titres, l'individu décide de naviguer dans une section du site additionnelle. De cette façon, il peut disposer de renseignements complémentaires.

La carte qui vient d'être décrite a été conçue pour l'usage général. Cependant, une autre carte du site est disponible et destinée aux enfants. Elle se trouve sur la page d'accueil du site et elle est semblable à la carte qui est présentée à la figure 16. Pour l'utiliser, les habiletés en lecture ne sont pas nécessaires car elle est constituée de seize photos d'animaux. Chaque photo correspond à une famille animale qui réside au zoo, par exemple l'iguane est le représentant des reptiles et des amphibiens.

FIGURE 16
CARTE DU SITE DESTINÉE AUX ENFANTS



En cliquant sur une photo, l'utilisateur a accès à une page qui contient plus d'images, des faits à propos des animaux dans la nature et en captivité ainsi qu'une caméra qui lui offre la possibilité d'observer les animaux du zoo en direct. Bien que cette carte fournisse uniquement des liens pour certaines portions du site, elle est très utile pour les jeunes apprenants. Elle leur permet d'être dirigés rapidement vers le sujet qui les intéresse, et ce, en faisant des efforts cognitifs minimaux.

Pour en savoir davantage

- Chen, C., Rada, R. (1996). Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies. *Human-Computer Interaction*, 11, 125-156.
- Dee-Lucas, D., Larkin, J. H. (1995). Learning from electronic texts: Effects of interactive overviews for information access. *Cognition and Instruction*, 13 (3), 431-468.
- Hammond, N., Allinson, L. (1989). Extending hypertext for learning: An investigation of access and guidance tools. In K. Bice and C. H. Lewis (Eds.), *Proceedings of the ACM CHI 80 Human Factors in Computing Systems Conference*. New York: ACM Press.
- Shapiro, A. M. (1998). The relationship between prior knowledge and interactive organizers during hypermedia-aided learning. *Journal of Educational Computing Research*, 20 (2), 143-163.
- Shapiro, A. M. (2000). The effect of interactive overviews on the development of conceptual structure in novices learning from electronic texts. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9 (1), pp. 57-78.

Page laissée blanche intentionnellement

Comment prendre en compte les caractéristiques des apprenants ?

PRINCIPE 15 – LE PRINCIPE DES CONNAISSANCES ANTÉRIEURES

EN BREF

Les élèves expérimentés sont des apprenants qui possèdent un bagage de connaissances important dans un domaine. Les résultats de certaines recherches indiquent que, pour ces élèves, les recommandations portant sur la conception des présentations multimédias devraient être différentes et parfois même contraires à celles qui concernent les débutants. Par exemple, une revue des études au sujet de l'apprentissage à partir d'un texte et d'images a révélé qu'habituellement l'insertion d'illustrations au texte améliore la compréhension des individus qui n'ont pas acquis beaucoup de savoirs préalables dans une matière mais a peu d'effets sur ceux qui en sont des experts. D'où le principe des connaissances antérieures qui indique que, lorsqu'on conçoit des environnements d'apprentissage multimédia, il faut prendre en compte le niveau d'expertise des apprenants.

UN PEU DE THÉORIE

Des chercheurs ont observé que l'application des principes multimédias pouvait aider les élèves qui débutent dans un domaine et ne pas être bénéfique voire nuire aux apprenants expérimentés. Ils ont nommé ce phénomène « l'effet inversé de l'expertise ». Quand cet effet se produit, les experts ne performant pas nécessairement moins bien que les débutants mais ils n'acquièrent pas autant de connaissances que si on leur présente l'information dans un format moins structuré.

Selon son expertise dans une matière, l'activité cognitive dominante d'une personne peut changer. Au début, elle se sert du contenu de la présentation pour se construire un modèle mental. À ce stade, il est avantageux de lui fournir des explications détaillées et présentées en respectant les principes multimédias en ayant recours notamment à des mots et à des images. Plus l'apprenant devient expérimenté, moins il a besoin d'informations pour comprendre. Un graphique uniquement peut suffire. Comme il a déjà une base de savoirs dans sa mémoire à long

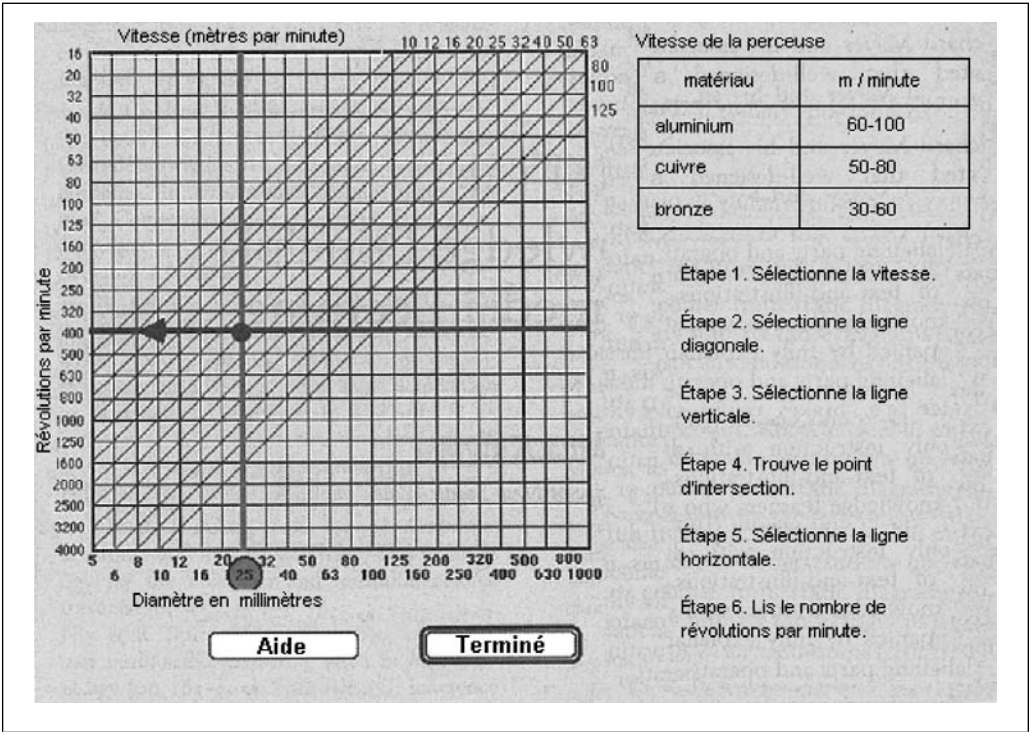
terme, un conflit cognitif peut se créer si le matériel d'enseignement comporte du contenu répétitif. La nécessité de réconcilier le modèle mental antérieur et celui qui est présenté impose alors une surcharge à la mémoire de travail qui entraîne l'effet inversé de l'expertise.

Pour être efficace, la situation d'apprentissage doit être adaptée au niveau grandissant de l'expertise de l'élève. Il est possible de relever ce défi en employant une stratégie qui consiste à remplacer graduellement les procédures d'enseignement très structurées par des présentations moins détaillées au fur et à mesure que l'apprenant acquiert des connaissances. Aussi, on peut utiliser une autre technique qui nous amène à isoler les éléments interactifs qui font partie d'un système complexe en retirant les interactions entre les éléments dans les premiers temps de la leçon. Puis, en ajoutant toujours plus d'interactivité entre les éléments jusqu'à ce que l'élève devienne expert.

EXEMPLES PRATIQUES

Illustration de «l'effet inversé de l'expertise». La figure 17 illustre un extrait d'une présentation multimédia dans laquelle les élèves apprennent à utiliser le graphique qui se trouve dans la partie gauche de l'image. Les étapes de la démarche d'utilisation sont inscrites dans le coin inférieur droit. Quand l'apprenant clique sur l'une d'entre elles, des explications auditives lui sont fournies. Elles sont accompagnées d'une animation simultanée qui met en valeur les éléments auxquels on fait référence dans la narration, comme les lignes, les points d'intersection, le nom du matériau, etc. Bref, le contenu est présenté en respectant les principes multimédias.

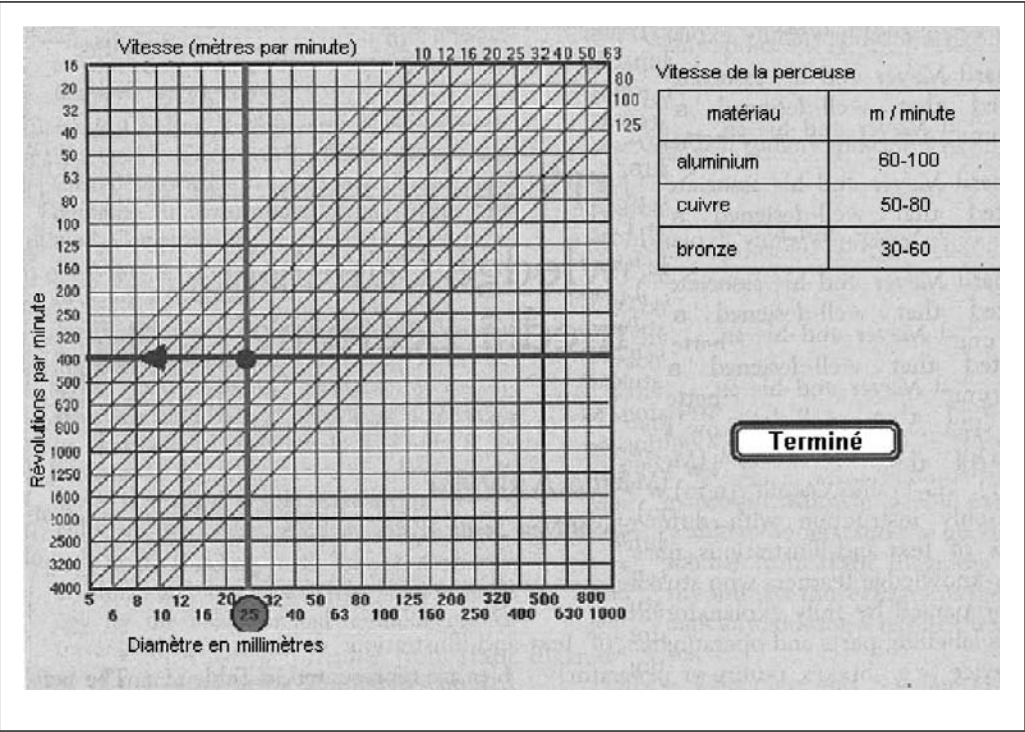
FIGURE 17
EXTRAIT D'UNE PRÉSENTATION MULTIMÉDIA¹



Un autre format de la même présentation est illustré à la figure 18. Il est constitué d'un graphique uniquement. Autrement dit, l'élève ne dispose d'aucune explication textuelle qu'elle soit visuelle ou auditive. Il acquiert des connaissances par le biais de procédures d'apprentissage par la découverte. Ici, la manière de présenter l'information va à l'encontre de la plupart des principes multimédias.

1. Source: Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, p.326.

FIGURE 18
EXTRAIT DE LA PRÉSENTATION MULTIMÉDIA ILLUSTRÉE
À LA FIGURE 17 EN FORMAT MOINS DÉTAILLÉ²



Dans le cadre d’une étude, du matériel similaire à celui qui est présenté aux figures 17 et 18 a été employé par des apprenants qui étaient débutants dans le domaine. Le premier format s’est révélé un outil très efficace. Cependant, lorsqu’on a demandé aux mêmes élèves d’apprendre à utiliser un autre type de graphique, leurs performances ont été meilleures en ayant recours au deuxième format qu’à la présentation plus détaillée. Il s’est donc produit le phénomène de l’effet inversé de l’expertise.

2. Source: Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, p.327.

Adapter la situation d'apprentissage au niveau grandissant de l'expertise de l'élève. Dans le but d'adapter la situation d'apprentissage au niveau grandissant de l'expertise de l'élève, nous pouvons remplacer graduellement les procédures d'enseignement très structurées par des présentations moins détaillées. Si on se trouve dans un contexte de résolution de problèmes par exemple, il est avantageux de fournir au débutant des exemples ciblés, c'est-à-dire de lui présenter la démarche de solution complète. Quand il a acquis de l'expérience dans la matière, on peut lui révéler une partie de la démarche uniquement et, par la suite, l'amener à résoudre le problème entièrement par lui-même.

De plus, il été mentionné que l'enseignant pouvait prendre en compte le niveau d'expertise de l'apprenant en isolant les éléments interactifs qui font partie d'un système complexe. À titre d'exemple, si un élève inexpérimenté visionne une animation qui défile sur un écran d'ordinateur, il est bénéfique de lui permettre d'exercer un contrôle sur le rythme de la présentation. De cette façon, il peut se familiariser avec les éléments isolés qui figurent dans chacun des segments avant d'être confronté à du matériel d'apprentissage moins segmenté qui comporte un haut degré de complexité.

Pour en savoir davantage

- Kalyuga, S., Ayres, P.; Chandler, P., Sweller, J. (2003). Expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23-31.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92, 126-136.
- Pollock, E., Chandler, P., Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12, 61-86.
- Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., Kester, L. (2003). Taking the load off learner's mind: Instructional design principles for complex learning. *Educational Psychologist*, 38, 5-13.

PRINCIPE 16 – LE PRINCIPE DU VIEILLISSEMENT COGNITIF

EN BREF

Habituellement, les environnements d'apprentissage multimédia comportent de nombreuses informations présentées à un rythme rapide et faisant appel à différentes modalités sensorielles. Pour comprendre, les apprenants doivent supporter des charges cognitives élevées. Ils doivent traiter l'information par le biais de leurs mécanismes auditif et visuel, sélectionner le contenu important et se construire un modèle mental. Apprendre à partir d'une présentation multimédia n'est pas une tâche facile, en particulier, pour les personnes plus âgées. Selon le principe du vieillissement cognitif, la réduction de l'efficacité de la mémoire de travail au cours de la vie nécessite des adaptations dans la conception du matériel d'enseignement.

UN PEU DE THÉORIE

En vieillissant, le cerveau devient moins performant. Les apprenants plus âgés font face à quatre déclin cognitifs. D'abord, les capacités générales de leur mémoire de travail s'affaiblissent. Par conséquent, ils disposent d'une plus petite quantité de ressources cognitives pour apprendre. Ensuite, avec l'âge, on ne traite pas le contenu enseigné aussi rapidement que lorsqu'on était jeune. De plus, les adultes plus vieux ont davantage de difficulté à discerner les renseignements importants des informations non pertinentes. Dans une présentation, le contenu superflu leur impose donc une charge cognitive considérable qui nuit grandement à l'apprentissage. Enfin, le vieillissement entraîne une diminution de l'habileté à intégrer les informations provenant de diverses sources.

En se basant sur la théorie de la charge cognitive ainsi que sur la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia, des chercheurs ont formulé des lignes directrices qu'il est possible de suivre pour palier aux faiblesses d'un public plus âgé. Le tableau 1 présente les quatre déclin cognitifs dus au vieillissement, les stratégies compensatoires à employer dans chacun des cas et les principes multimédias correspondants.

TABLEAU 1
**LES QUATRE DÉCLINS COGNITIFS DUS AU VIEILLISSEMENT,
 LES STRATÉGIES COMPENSATOIRES À EMPLOYER ET LES PRINCIPES
 MULTIMÉDIAS CORRESPONDANTS**

Déclins cognitifs dus au vieillissement	Stratégies compensatoires à employer	Principes multimédias correspondants
Affaiblissement des capacités générales de la mémoire de travail	– Présenter le contenu de la leçon dans deux modes	Principe de modalité
Ralentissement de la vitesse de traitement du contenu enseigné	– Présenter le contenu de la leçon dans deux modes – Donner accès au matériel relié à la vue et à l'audition en même temps – Éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que les informations répétitives	Principe de modalité Principe de contiguïté dans le temps Principe de cohérence Principe de redondance
Difficulté à discerner les renseignements importants des informations non pertinentes	– Minimiser l'espace entre les parties d'information interdépendantes – Éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que les informations répétitives – Mettre en évidence les éléments sur lesquels l'apprenant doit centrer son attention	Principe de contiguïté dans l'espace Principe de cohérence Principe de redondance Principe de signalisation
Diminution de l'habileté à intégrer les informations provenant de diverses sources	– Présenter le contenu de la leçon dans deux modes – Donner accès au matériel relié à la vue et à l'audition en même temps – Minimiser l'espace entre les parties d'information interdépendantes – Éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que les informations répétitives	Principe de modalité Principe de contiguïté dans le temps Principe de contiguïté dans l'espace Principe de cohérence Principe de redondance

En résumé, si on enseigne à des individus d'un certain âge, il est très bénéfique d'appliquer les conseils suivants: présenter le contenu de la leçon dans deux modes (visuel et auditif) ; faire en sorte que les apprenants aient accès au matériel relié à la vue et à l'audition en même temps plutôt que successivement; éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que les informations répétitives; mettre en évidence les éléments sur lesquels l'attention doit être portée; et minimiser l'espace entre les parties d'information interdépendantes.

De plus, notons que l'être humain subit des changements sur le plan des sens avec les années. Puisque des problèmes de traitements auditif et visuel peuvent entraver la compréhension, il faut prendre en compte ces composantes quand on conçoit des présentations multimédias.

EXEMPLES PRATIQUES

Conseils pour concevoir du matériel d'enseignement multimédia approprié. Nous savons que les capacités de la mémoire de travail sont limitées et, de surcroît, qu'elles se trouvent réduites au fil du temps. C'est pourquoi il est d'autant plus primordial d'utiliser la totalité des ressources cognitives disponibles lorsque les personnes vieillissent. Par exemple, comme le recours à un seul mécanisme cognitif crée rapidement une surcharge, les adultes plus âgés ont avantage à s'entraîner à l'aide d'exemples ciblés présentés de manière audiovisuelle plutôt que seulement visuelle.

Ce qui explique le fait que la vitesse de traitement cognitif ralentit en vieillissant, c'est la difficulté à établir des relations entre les éléments interdépendants. Plus précisément, à chaque fois qu'on est en contact avec du nouveau contenu, on oublie au fur et à mesure les renseignements qui viennent de nous être donnés. Une solution à ce problème consiste à favoriser l'entrée en parallèle des informations en interrelation dans la mémoire de travail. Pour ce faire, il est possible de présenter les renseignements dans deux modes, de façon simultanée et en éliminant le contenu non pertinent. Ce dernier cause des délais non nécessaires dans le traitement des éléments à retenir.

La difficulté à discerner les renseignements importants des informations non pertinentes se produit quand les apprenants ne parviennent pas à identifier adéquatement les éléments à sélectionner dans leur mémoire à long terme et dans la présentation multimédia. Afin de les appuyer dans ce processus, il faut mettre en évidence le contenu sur lequel ils doivent centrer leur attention et les amener à éviter d'investir

des efforts dans le traitement des renseignements superflus en suivant les principes de contiguïté dans l'espace, de cohérence et de redondance.

Finalement, dans le but de contrer la diminution de l'habileté à intégrer les informations provenant de diverses sources, l'enseignant peut réduire le nombre d'étapes de coordination visant à réunir les éléments en interrelation. Les stratégies à adopter ressemblent à celles qui se rapportent au déclin de la vitesse de traitement cognitif. Il s'agit de présenter le contenu de la leçon dans deux modes, de donner accès au matériel relié à la vue et à l'audition en même temps, de minimiser l'espace entre les parties d'information interdépendantes et d'éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que la redondance.

Pour en savoir davantage

- Czaja, S. J. (1996). Aging and the acquisition of computer skills. In W. A. Rogers, A. D. Fisk et N. Walker (Eds.), *Aging and skilled performance: Advances in theory and applications* (pp.201-220). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Paas, F., Camp, G., Rikers, R. (2001). Instructional compensation for age-related cognitive declines: Effects of goal specificity in maze learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 181-186.
- Reuter-Lorenz, P. A., Stanczak, L., Miller, A. C. (1999). Neural recruitment and cognitive aging: Two hemispheres are better than one, especially as you age. *Psychological Science*, 10, 494-500.
- Van Gerven, P. W. M., Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., Schmidt, H. G. (2000). Cognitive load theory and the acquisition of complex cognitive skills in the elderly: Towards an integrative framework. *Educational Gerontology*, 26, 503-521.

Petit guide pratique pour appliquer les principes d'enseignement multimédia

Postulats théoriques	Explications
Le codage des mots et des images relève de deux mécanismes cognitifs indépendants.	• Les élèves ont recours à leur mécanisme cognitif relié à la vue pour traiter les informations qui figurent dans les illustrations et les textes présentés à l'écran ou imprimés. • Ils utilisent cependant leur mécanisme cognitif relié à l'audition lorsque qu'on leur présente le contenu sous la forme d'une narration.
Les capacités de la mémoire de travail sont très limitées.	• Il est postulé en psychologie cognitive qu'il existe trois types de mémoire: la mémoire sensorielle, la mémoire de travail et la mémoire à long terme. • Étant donné que les capacités de la mémoire de travail sont très limitées, le fait d'employer à la fois le mécanisme cognitif relié à la vue ainsi que celui relié à l'audition favorise davantage l'apprentissage que l'utilisation d'un seul des deux.
Apprendre constitue une activité de construction.	• Les informations transmises par les images et les mots sont perçues, sélectionnées, organisées et intégrées aux connaissances antérieures. • Ces traitements cognitifs résultent en la construction d'une représentation mentale du contenu de la leçon, et non en une simple accumulation de connaissances. La mémoire ne fonctionne pas comme un magnétophone. On apprend de manière active.

Questions	Principes de référence
Comment favoriser l'apprentissage à partir du multimédia?	<i>Principe de base:</i> (1) Le principe multimédia. On apprend mieux avec des mots et des images qu'avec des mots seulement.
Comment présenter le contenu?	<i>Principes liés à la présentation du contenu :</i> (2) Le principe de l'attention divisée. (3) Le principe de modalité. (4) Le principe de redondance. (5) Le principe de segmentation. (6) Le principe de cohérence. (7) Le principe de personnalisation.
Quelles stratégies d'enseignement employer?	<i>Principes liés aux stratégies d'enseignement :</i> (8) Le principe de la découverte guidée. (9) Le principe de l'exemple ciblé. (10) Le principe de collaboration. (11) Le principe de l'auto-explication.
Comment utiliser les outils informatisés?	<i>Principes propres au recours à un environnement d'apprentissage informatisé :</i> (12) Le principe d'animation. (13) Le principe de navigation. (14) Le principe de la carte du site.
Comment prendre en compte les caractéristiques des apprenants?	<i>Principes liés aux caractéristiques des apprenants :</i> (15) Le principe des connaissances antérieures. (16) Le principe du vieillissement cognitif.

Aide-mémoire : liste des principes d'enseignement multimédia

Principes	Définitions
(1) Le principe multimédia.	On apprend mieux avec des mots et des images qu'avec des mots seulement.
(2) Le principe de l'attention divisée.	On apprend mieux quand les mots et les images sont intégrés et non séparés.
(3) Le principe de modalité.	On apprend mieux avec des graphiques et une narration qu'avec un graphique et du texte imprimé.
(4) Le principe de redondance.	On apprend mieux quand les explications répétitives sont évitées.
(5) Le principe de segmentation.	On apprend mieux quand le message est présenté en segments plutôt qu'en unités continues.
(6) Le principe de cohérence.	On apprend mieux quand l'information non nécessaire est exclue du message.
(7) Le principe de personnalisation.	On apprend mieux quand les mots utilisés sont présentés dans un style proche de la conversation courante plutôt que dans un langage formel et quand la voix est celle d'une personne plutôt que celle d'une machine.
(8) Le principe de la découverte guidée.	On apprend mieux dans les environnements axés sur la découverte quand la guidance est bien intégrée.

Principes	Définitions
(9) Le principe de l'exemple ciblé.	On apprend mieux quand on doit travailler au préalable sur des exemples bien ciblés.
(10) Le principe de collaboration.	On apprend mieux quand le programme informatique possède des caractéristiques qui facilitent la coopération entre les apprenants.
(11) Le principe de l'auto-explication.	On apprend mieux quand on est invité à formuler des explications des phénomènes à étudier.
(12) Le principe d'animation.	On n'apprend pas nécessairement mieux d'une animation. Un diagramme statique peut aussi faire l'affaire.
(13) Le principe de navigation.	On apprend mieux dans des environnements avec hypertextes quand des aides à la navigation sont fournis.
(14) Le principe de la carte du site.	On apprend mieux dans un environnement en ligne quand l'interface contient une carte qui indique où l'apprenant en est rendu dans sa leçon.
(15) Le principe des connaissances antérieures.	On apprend mieux quand notre niveau d'expertise est pris en compte par l'enseignant.
(16) Le principe du vieillissement cognitif.	On apprend mieux quand le matériel est adapté à notre âge.

Répertoire :

quelques exemples pratiques

Principes	Exemples pratiques
(1) Le principe multimédia.	• Ajouter des illustrations à un texte. • Accompagner une narration d'appuis visuels.
(2) Le principe de l'attention divisée.	En géométrie. • Présenter l'information donnée aux élèves directement sur l'image. • Demander à ceux-ci d'écrire leur démarche sur l'image même à l'endroit précis où la valeur des angles est calculée.
(3) Le principe de modalité.	• Présenter des images à l'écran de l'ordinateur et les accompagner d'une narration plutôt qu'avoir recours à des images et du texte à l'écran.
(4) Le principe de redondance.	En biologie. • Délaisser le texte. (Si les élèves peuvent comprendre à partir de l'illustration uniquement, comme lorsque des flèches sont utilisées notamment.)
(5) Le principe de segmentation.	• Ralentir le rythme de la présentation en « segmentant » cette dernière, c'est-à-dire en la divisant en sous parties. • Sur un support informatique, chaque segment peut consister en une image accompagnée d'une courte narration. • Il est possible soit de les présenter, l'un après l'autre, à chaque dix secondes soit de créer un bouton « suivant » dans le bas de l'écran.
(6) Le principe de cohérence.	• Éliminer le contenu qui n'est pas directement lié au but d'apprentissage, à savoir les mots, les images et les sons superflus. • Ne pas tenter de susciter l'intérêt des élèves en insérant aux leçons des contenus attrayants mais non essentiels.

Principes	Exemples pratiques
(7) Le principe de personnalisation.	• Présenter les mots dans un style proche de la conversation courante (en utilisant le « je » et le « tu » et en s'adressant directement à l'élève). • Communiquer le message par le biais d'une voix humaine plutôt que celle d'une machine.
(8) Le principe de la découverte guidée.	<i>Apprendre à partir d'une simulation sur ordinateur.</i> • Concevoir un environnement d'apprentissage qui comporte trois niveaux de progression. • Inclure un exercice qui contient une question posée par le système informatique, une réponse à cocher par l'apprenant et une rétroaction. • Mettre à la disposition de l'élève un outil qui l'aide à formuler des hypothèses. • Fournir la guidance de manière intégrée, dans des fenêtres qui sont placées à côté de la simulation par exemple.
(9) Le principe de l'exemple ciblé.	<i>En mathématiques et en physique.</i> • Formuler un principe, une règle ou un théorème. • Fournir des « exemples ciblés », c'est-à-dire présenter successivement un problème, les étapes de la démarche de résolution et la réponse finale. • Proposer aux apprenants de résoudre des problèmes par eux-mêmes.
(10) Le principe de collaboration.	<i>Examiner la nature de l'outil technologique utilisé.</i> • La synchronie favorise la spontanéité et les débats, l'a-synchronie permet aux apprenants de disposer de plus de temps pour analyser l'information, réfléchir et composer leurs messages. <i>Créer un climat favorable à la construction d'une communauté d'apprentissage.</i> • S'adresser aux autres par leur nom. • Complimenter. • Exprimer son appréciation et ses émotions. • Utiliser la fonction « répondre » pour donner suite à un message. • Avoir recours à l'humour et aux salutations. <i>Utiliser un système informatique qui offre des ressources pour faciliter et guider les discussions.</i> • Exemple : <i>Belvédère</i>.

Principes	Exemples pratiques
(11) Le principe de l'auto-explication.	<i>Mettre en place des moyens pour favoriser la génération d'auto-explications.</i> • Dans une situation de résolution de problèmes en mathématique, demander à un élève de s'expliquer à lui-même les réponses d'un pair. • Créer des diagrammes et chercher à s'expliquer à soi-même le contenu de ses propres dessins.
(12) Le principe d'animation.	Les animations ont le potentiel d'améliorer l'apprentissage dans différents contextes: <i>Visualiser un phénomène difficile ou impossible à observer dans la réalité.</i> • Exemples : le mouvement des plaques tectoniques et la circulation du courant dans un circuit électrique. <i>Produire un conflit cognitif.</i> • En physique, présenter plusieurs animations portant sur le même phénomène et demander aux apprenants de choisir la bonne illustration. <i>Amener les élèves à interagir avec le matériel d'enseignement.</i> • Exercer un contrôle sur le rythme de la présentation, à l'aide des fonctions « Pause », « Jouer », « Accélérer » et « Rembobiner ». Il faut savoir que, souvent, un diagramme statique peut faire l'affaire. En fait, même si les processus sont continus, les gens ont tendance à les percevoir comme une succession d'étapes.
(13) Le principe de navigation.	<i>Recourir aux hyperliens.</i> • Les hyperliens ne doivent pas remplacer le menu, mais le compléter. • Regrouper les éléments selon des catégories sémantiques plutôt que par ordre alphabétique. • Un trop grand nombre de niveaux de sélection crée un effet de trop grande complexité. <i>Utiliser des cartes conceptuelles interactives.</i> • Les modèles hiérarchiques peuvent aider les apprenants qui possèdent peu de connaissances antérieures. • Les modèles en forme de toile ne sont bénéfiques que pour les élèves avancés.

Principes	Exemples pratiques
(14) Le principe de la carte du site.	Avoir accès à deux cartes du site. • Créer des versions multiples d'une carte du site, certaines étant plus détaillées que d'autres. • Adapter le matériel d'enseignement aux besoins des apprenants. • Éviter d'insérer les liens relatifs aux pages qui ne sont pas utiles aux élèves.
(15) Le principe des connaissances antérieures.	Adapter la situation d'apprentissage au niveau grandissant de l'expertise de l'élève. • Remplacer graduellement les procédures d'enseignement très structurées par des présentations moins détaillées au fur et à mesure que l'apprenant acquiert des connaissances. • Au début, fournir des explications détaillées et présentées en respectant les principes multimédias, avoir recours par exemple à des mots et à des mages. • Plus l'élève devient expérimenté, moins il a besoin d'informations pour comprendre. Un graphique uniquement peut suffire.
(16) Le principe du vieillissement cognitif.	Conseils pour concevoir du matériel d'enseignement multimédia approprié lorsqu'on enseigne à des individus d'un certain âge. • Présenter le contenu de la leçon dans deux modes (visuel et auditif). • Faire en sorte que les apprenants aient accès au matériel relié à la vue et à l'audition en même temps plutôt que successivement. • Éliminer les renseignements qui ne sont pas en lien avec l'objet d'étude ainsi que les informations répétitives. • Mettre en évidence les éléments sur lesquels l'attention doit être portée. • Minimiser l'espace entre les parties d'information interdépendantes.