

DENIS HARVEY

**ANALYSE DE LA MULTIMÉDIATISATION DES MESSAGES ET  
ÉVALUATION DE LEUR EFFICACITÉ DANS UN SYSTÈME  
D'APPRENTISSAGE MULTIMÉDIA INTERACTIF (SAMI)**

**DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT DE L'HYPERTHÈSE**

présentée  
à la Faculté des études supérieures  
de l'Université Laval  
pour l'obtention  
du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)

Département de Didactique, Psychopédagogie et Technologie éducative  
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION  
UNIVERSITÉ LAVAL  
QUÉBEC

DÉCEMBRE 1997

## NOTE AUX LECTEURS

Ce document d'accompagnement vise à étayer le contexte théorique qui a servi à définir notre problématique et à mettre notre méthodologie de recherche au point.

Pour les sections *Méthodologie*, *Résultats* et *Discussion*, vous devrez vous référer à l'hyperthèse.

Ce document est disponible pour consultation sur le CD-ROM dans le répertoire \Word en format MSWord (utilisez Wordview.exe dans ce répertoire si votre traitement de texte ne vous permet pas de lire ces fichiers) ou en format Acrobat PDF dans le répertoire racine du CD-ROM.

Après avoir lu le document "lisezmoi.txt", qui se trouve sur le CD-ROM il vous suffira de cliquer sur le fichier "Hyperthese.exe", qui se trouve sur dans le répertoire racine du CD-ROM, pour faire démarrer l'hyperthèse.

## RÉSUMÉ

Par ce travail de recherche, nous visions avant tout à définir et à valider un ensemble de règles de design qui permettraient de mieux exploiter les différents médias dans les SAMI. Pour mettre ces principes de design à l'épreuve, nous avons conçu un SAMI et une instrumentation originale qui tire partie de tout le potentiel des NTIC. Ce qui ressort le plus de la mise à l'essai du simulateur et de la validation de nos principes est la préférence de nos étudiants pour les messages écrits au détriment des messages audiolinguistiques appréciés les séquences vidéo surtout quand elles servaient à "raconter" des histoires et les mettaient ainsi en situation réaliste de résolution de problème. Finalement, les messages audiolinguistiques ont été spécialement efficaces pour donner des directives aux étudiants. Nous en concluons que si ses capacités propres sont bien exploitées, chaque type de message et chaque média permet de répondre à des situations spécifiques au bénéfice de certains étudiants et d'atteindre certains objectifs pédagogiques précis.

Philippe Marton  
directeur de recherche

Denis Harvey

## RÉSUMÉ

Par ce travail de recherche, nous visions avant tout à définir et à valider un ensemble de règles de design qui permettraient de mieux exploiter les différents médias dans les SAMI. Ces règles ont d'abord été formulées à partir d'une revue exhaustive de la littérature. Pour mettre ces principes de design à l'épreuve, nous avons conçu un SAMI et mis au point une instrumentation originale de cueillette et d'analyse des données qui tire parti de tout le potentiel des NTIC. Notre méthodologie de recherche permettait de placer les étudiants en situation de résolution de problème et de recueillir les données rapidement, de façon relativement automatisée et avec un minimum d'interférence. Nous avons noté que, malgré une grande hétérogénéité de nos étudiants, tant au regard de leurs antécédents académiques que de leur culture informatique, ces derniers ont eu tendance à réagir de façon relativement homogène aux différents éléments du SAMI. Seul le niveau de leurs connaissances théoriques a eu une influence significative sur leur comportement face au SAMI. Ce qui ressort le plus de la mise à l'essai du simulateur et de la validation de nos principes est la préférence de nos étudiants pour les messages écrits au détriment des messages audiolinguistiques. En effet, la plupart des étudiants semblaient fortement hésiter à utiliser les messages audiolinguistiques comme principale source d'information. Par ailleurs, ils ont particulièrement apprécié les séquences vidéo surtout quand elles servaient à "raconter" des histoires qui leur permettaient d'être présents là où ils n'auraient pu être normalement et de se mettre ainsi en situation réaliste de résolution de problème. Finalement, les messages audiolinguistiques ont été spécialement efficaces pour donner des directives aux étudiants.

Nous en concluons que si ses capacités propres sont bien exploitées, chaque type de message et chaque média permet de répondre à des situations spécifiques au bénéfice de certains étudiants et d'atteindre certains objectifs pédagogiques précis.

## AVANT-PROPOS

J'aimerais remercier mon directeur, le professeur Philippe Marton, pour l'aide et le soutien qu'il m'a apportés tout au long de ce doctorat. Par sa longue expérience et son enthousiasme contagieux, il a contribué à mener ce projet à terme.

Le Dr Pierre Leblond, professeur à la Faculté de médecine de l'Université Laval, s'est avéré un collaborateur inestimable pour la mise au point du simulateur *Anémie virtuelle*, dont le financement a été assuré par l'Université Laval (budget de promotion des applications pédagogiques des technologies de l'information), la Faculté de médecine de l'Université Laval et la compagnie Ortho Biotech.

Je dois évidemment mentionner que, sans l'appui de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal et de mes collègues du Département des sciences cliniques, ce doctorat aurait été impossible.

Enfin, comme on peut l'imaginer, ma famille a été mise à rude épreuve pendant ces quatre dernières années. Elle semble y avoir survécu, mieux, elle en sort plus solidaire.

## TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS .....	III
TABLE DES MATIÈRES .....	IV
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX .....	V
INTRODUCTION ET PROBLÈMES SOULEVÉS .....	1
ORIGINE DU PROJET .....	1
MISE EN CONTEXTE DE NOTRE TRAVAIL DE RECHERCHE .....	2
<i>La recherche sur les médias en éducation et la pertinence des études comparatives</i> .....	2
<i>Caractéristiques et avantages des SAMI</i> .....	5
PROBLÉMATIQUE SOULEVÉE .....	7
OBJECTIFS DU TRAVAIL DE RECHERCHE .....	7
FONDEMENTS THÉORIQUES ET REVUE DES ÉCRITS .....	9
TYPE DE MESSAGE, MÉDIA ET SYSTÈME DE CODE .....	9
<i>Systèmes de codes</i> .....	10
<i>Transmédiation</i> .....	11
MÉMOIRE, CANAUX PERCEPTIFS ET TYPE DE MESSAGE .....	12
<i>Le fonctionnement de la mémoire humaine</i> .....	12
SYSTÈME PERCEPTIF AUDITIF ET VISUEL .....	16
<i>Le canal auditif et l'apprentissage</i> .....	17
<i>Le canal visuel et l'apprentissage</i> .....	21
<i>Relation entre les canaux</i> .....	25
LES CARACTÉRISTIQUES DES APPRENANTS ET LES SAMI .....	32
<i>Perception et attitude</i> .....	32
<i>Experts et novices</i> .....	33
<i>Les styles cognitifs</i> .....	39
FORMULATION DE PRINCIPES DE DESIGN ISSUS DE LA REVUE DE ÉCRITS .....	40
<i>Principes pour favoriser la mémorisation</i> .....	40
<i>Principes pour les systèmes auditif et visuel</i> .....	42
<i>Principes pour l'intégration des messages bimodaux</i> .....	44
<i>Principes relatifs au niveau de compétence de l'apprenant</i> .....	46
QUESTIONS DE RECHERCHE .....	47
MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE .....	48
ANALYSE DES PRINCIPES DE DESIGN .....	48
<i>Formulaires informatisés de saisie de données</i> .....	49
LES INVESTISSEMENTS DANS LE SIMULATEUR .....	50
DISCUSSION ET CONCLUSION .....	53
LA PROBLÉMATIQUE ET LES PRINCIPES DE DESIGN SUGGÉRÉS .....	53
LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE ET LES RÉSULTATS OBTENUS .....	53
<i>L'instrumentation</i> .....	54
LES RÉPONSES À DONNER AUX QUESTIONS DE RECHERCHE .....	56
APPORTS .....	57
CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE .....	58
BIBLIOGRAPHIE .....	60

# LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

## Les figures

FIGURE 1: FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE HUMAINE SELON ASHCRAFT, M.H. (1989).....	13
FIGURE 2: SYSTÈME COGNITIF HUMAIN D'APRÈS TENNYSON, R.D. (1992).....	14
FIGURE 3: STRUCTURE DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL SELON BADDELEY, A.D. (1986).....	15
FIGURE 4: FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE ACOUSTIQUE À COURT TERME, D'APRÈS MORRIS ET JONES.....	20
FIGURE 5 : MODÈLE DYNAMIQUE DE LA MÉMOIRE VISUELLE, D'APRÈS PALMER, J. (1990).....	21
FIGURE 6 : ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DE LA MÉMOIRE À LONG TERME EN RELATION AVEC LE NIVEAU DE COMPÉTENCE DE L'INDIVIDU (TENNYSON, R.D. 1990).....	34
FIGURE 7 : MÉDIA CLASSÉS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES COGNITIVES (KOZMA, R.B. 1991).....	36
FIGURE 8: RELATION ENTRE LA FIDÉLITÉ DES MESSAGES PRÉSENTÉS ET L'APPRENTISSAGE (ALESSI, 1988).....	37
FIGURE 9 : EXEMPLE DE FORMULAIRE DE SAISIE DE DONNÉES INFORMATISÉ.....	49
FIGURE 10: ICONE IDENTIFIANT LES FORMULAIRES.....	50

## Les tableaux

TABLEAU I : RÈGLES FAVORISANT L'INTÉGRATION DES CANAUX À LA TÉLÉVISION (HANSON, L. 1989).....	29
TABLEAU 2 : AMÉLIORATIONS APPORTÉES À "ANÉMIE VIRTUELLE" .....	51

## INTRODUCTION ET PROBLÈMES SOULEVÉS

### *Origine du projet*

La plupart des théories modernes de l'apprentissage soulignent que, pour construire son propre savoir, l'étudiant doit se sentir engagé dans un processus interactif logique (Thurman, R.A. 1992) et passer une partie importante de son temps d'étude à utiliser les connaissances acquises (Tennyson, R.D. 1988). Ces théories confirment l'expérience pratique de beaucoup d'enseignants pour qui les limites de la leçon magistrale sont évidentes et qui insistent sur l'application et l'utilisation fréquentes des concepts récemment acquis afin de favoriser leur intégration aux schémas cognitifs de l'étudiant.

On a souvent mentionné, qu'en général, les gens aiment apprendre avec des systèmes d'apprentissage multimédia interactifs ou SAMI (Bosco, J.1986). En 1972, Schramm soulignait que les connaissances d'alors ne permettaient pas encore de savoir comment intégrer efficacement les canaux auditif et visuel d'un point de vue pédagogique (Schramm, W. 1972). Depuis, les sciences cognitives, en général, et la psychologie expérimentale, en particulier, ont beaucoup progressé. La neurophysiologie des différents canaux perceptifs et l'intégration de ces derniers par le système cognitif humain sont beaucoup mieux compris qu'il y a 25 ans. On le sait maintenant, c'est moins le média qui compte que la façon de l'utiliser et de l'intégrer au système d'enseignement (Jacquinot, G. 1981).

Nous disposons depuis quelques années de supports technologiques puissants, qui permettent la production et la diffusion de SAMI très perfectionnés. Le design de ces systèmes pose cependant l'important problème du choix rationnel des différents médias et systèmes de codes disponibles pour médiatiser chaque information de la leçon. Malheureusement le design des SAMI repose encore sur les croyances, l'intuition et l'expérience du concepteur plutôt que sur des règles empiriques établies (Giardina, M. 1992, Najjar, L.J. 1996, Park, I. 1993). De plus comme le progrès technologique est très rapide, il existe un danger réel d'utiliser des messages visuels et sonores de façon désordonnée et sans tenir compte des attributs spécifiques à chaque média. Il devient donc essentiel d'entreprendre des recherches portant sur le message pédagogique en relation avec son nouvel habitat technologique (Marton, P. 1992).



Depuis un certain temps, on a souligné que les chercheurs en technologie éducative devraient se pencher sur des problèmes comme celui de la formulation de règles pour la mise en forme ou la médiatisation des messages. Nous en sommes maintenant à l'étape de définir des règles pratiques et cohérentes de médiatisation des messages pédagogiques pour favoriser la mise au point de SAMI efficaces (Hapeshi, K. 1992, Najjar, L.J. 1996, Reigeluth, C.M. 1989 et 1992, Shih, Y.F. 1996).

À la lecture des références disponibles, nous constatons qu'il y a beaucoup de recherches théoriques en psychologie expérimentale sur l'apprentissage et la mémoire, et particulièrement, sur l'apprentissage verbal. Par contre, on ne dispose toujours pas d'une synthèse des informations pratiques sur l'efficacité relative des canaux auditif et visuel en enseignement. En effet, la très grande majorité de nos connaissances appliquées sur le sujet nous viennent des médias de masse comme la radio ou la télévision. Il est important de souligner qu'il faut être très prudent quand on transpose intégralement aux SAMI les connaissances acquises avec les systèmes audiovisuels traditionnels. Il n'est pas évident que les techniques mises au point pour le "mass media art" soient toutes transférables à la production de matériel éducatif. Un document peut très bien être divertissant sans présenter le moindre intérêt pédagogique (Hapeshi, K. 1992, Shih, Y.F. 1996).

### ***Mise en contexte de notre travail de recherche***

Afin de mettre notre travail de recherche en perspective, nous allons d'abord tenter de faire le point sur la pertinence des études qui cherchent à comparer différents médias en éducation en insistant sur les relations entre la méthode pédagogique et les médias puis nous soulignerons brièvement les caractéristiques et avantages des SAMI.

#### *La recherche sur les médias en éducation et la pertinence des études comparatives*

Depuis plusieurs années, la valeur des études comparatives sur les médias dans l'enseignement était mise en doute. Avec l'avènement récent des SAMI, il est maintenant devenu clair que méthode pédagogique et média forment un tout presque indissociable.

En 1983, Clark concluait (Clark, R.E. 1983) qu'il n'y avait pas d'avantage à utiliser un média particulier pour transmettre des messages pédagogiques : l'étude comparative des médias montrait clairement que ceux-ci n'influençaient l'apprentissage dans aucune circonstance. Or,

l'apprentissage implique des processus complexes d'interrelation entre la tâche, la méthode pédagogique, les compétences de l'étudiant et les caractéristiques du média. Il devient donc presque impossible d'isoler les variables relevant uniquement du média (Clark, R.E. 1986). Pour Clark, les deux principales variables qui peuvent expliquer les différences observées lors de l'introduction d'un nouveau média dans l'enseignement sont la méthode pédagogique et l'effet de nouveauté. En effet, plusieurs études ont montré que les étudiants apprennent davantage avec un nouveau média qu'avec un média plus traditionnel. Cette observation peut s'expliquer par le fait que la nouveauté incite souvent les étudiants à consacrer plus de temps d'étude et d'effort mental à la tâche requise. Avec le temps, l'étudiant se familiarise avec le nouveau système et l'effet de nouveauté a tendance à disparaître. De plus, l'introduction d'un nouveau média permet souvent la production de matériel didactique de grande qualité. Cet effort pédagogique accru en faveur du nouveau média peut aussi expliquer une bonne part des différences observées dans les études comparatives des médias (Clark, R.E. 1986, Khalili, A. 1994, Kulik, J.A. 1985).

Ce type d'étude a donc été populaire pendant les années 70 et 80. Depuis, cet axe de recherche a été délaissé en raison du trop grand nombre de biais (variables confondantes) difficilement contrôlables : on ne sait pas vraiment ce que l'on évalue (Ross, S.M. 1989 et Reeves, T.C. 1993). Reeves s'étonne non pas de ce que les études comparatives des médias n'aient jamais donné beaucoup de résultats, mais plutôt de ce qu'on persiste à en faire (Reeves, T.C. 1990).

Un média se définit par les caractéristiques cognitives de sa technologie, son système de symboles et ses capacités de traitement de l'information. Les principales caractéristiques cognitives d'un média sont la structure de l'information, le temps d'exposition et la facilité de recherche de cette information (Kozma, R.B. 1991). La façon dont un média structure le message et présente l'information (son, système de codes) sont sans doute les attributs qui influencent le plus l'apprentissage (Salomon, G. 1979b).

L'intérêt récent en recherche sur les médias pour le paradigme cognitiviste a eu un effet très positif. Les études comparatives de type behavioriste sont maintenant pratiquement abandonnées en faveur de méthodologies plus raffinées, qui examinent les attributs des différents médias dans des situations spécifiques d'enseignement (Clark, R.E. 1983 et 1986). Il est, en effet, plus pertinent de déterminer quel élément d'une méthode (stratégie) spécifique

donne de meilleurs résultats avec un type de média qu'avec un autre média que de comparer les médias entre eux (Ross, S.M. 1989).

On a souligné qu'en règle générale, ce sont plutôt les caractéristiques propres à un média qui influencent certaines fonctions cognitives spécifiques utiles à l'apprentissage d'une tâche déterminée. Il est donc important d'étudier en détail les attributs spécifiques de chaque média pour pouvoir prescrire de façon efficace leur utilisation dans l'enseignement (Clark, R.E. 1986).

La recherche récente montre que le couplage d'un média particulier à une méthode pédagogique qui tire avantage des attributs propres à ce média influence grandement la façon dont l'étudiant se représente et traite l'information. L'utilisation de médias différents pour atteindre certains objectifs spécifiques peut donc entraîner des apprentissages différents. L'apprentissage est un processus actif où l'étudiant utilise ses ressources cognitives pour créer de nouvelles connaissances en extrayant les informations de son environnement et en les intégrant à ses propres connaissances. Ce processus est soutenu par des facteurs cognitifs comme la durée de la présentation, la quantité d'information présente dans la mémoire à court terme et à long terme et la structure de l'information. Ce processus est donc très sensible à des éléments comme la disponibilité d'information spécifique à un moment précis de l'apprentissage, la durée de présentation, la structure de l'information et le degré de facilité de recherche de l'information. En design pédagogique, le média et la méthode utilisée sont en fait quasi indissociables. Certaines méthodes requièrent un média particulier et certains médias permettent une méthode particulière. L'apprentissage est influencé par la méthode pédagogique, mais aussi par les attributs intrinsèques du ou des médias utilisés : chaque média biaise le contenu à sa façon (Kozma, R.B. 1991).

Traditionnellement, la recherche sur les médias en technologie éducative reposait sur une méthode analytique et réductionniste rigoureuse qui amenait toujours à conclure que le média était simplement un véhicule de l'information et n'influencait pas l'apprentissage. L'approche plus systémique qui tient compte des relations entre les médias, les méthodes pédagogiques et les capacités cognitives spécifiques des étudiants nous oblige à repenser l'influence des médias sur l'apprentissage. Il est maintenant clair que chaque média tend à favoriser certaines caractéristiques et compétences de l'utilisateur aux dépens des autres. Dans un SAMI bien structuré, la méthode et les médias sont si interdépendants que la distinction entre les deux devient vite difficile et même artificielle (Ullmer, E. 1994). Les SAMI peuvent donc avoir les

caractéristiques et attributs de tous les autres médias réunis ; cela explique, en partie, leur grande souplesse et leur efficacité pédagogique (Kozma, R.B. 1991).

### *Caractéristiques et avantages des SAMI*

Pour être vraiment efficaces, les SAMI doivent respecter trois principes de base des sciences cognitives. Premièrement, l'apprentissage est un processus de construction du savoir par opposition à un processus d'absorption des connaissances. Deuxièmement, la qualité de l'apprentissage est dépendante des schémas préalables des étudiants. Troisièmement, l'apprentissage est hautement tributaire de la situation pédagogique dans laquelle il se fait. Les SAMI doivent donc être planifiés de façon à permettre "d'ancrer" les connaissances c'est-à-dire de favoriser la structuration (recherche et utilisation à bon escient de l'information disponible) du savoir (Reeves, T.C. 1992 et 1993).

Les trois principaux éléments originaux de l'apprentissage par SAMI sont : l'intérêt, la personnalisation et l'adaptabilité (Duchastel, P. 1991). Pour mieux saisir les avantages des SAMI en formation, ces trois éléments seront maintenant approfondis.

### Interactivité

On le sait depuis longtemps : peu importe les médias utilisés, le facteur d'influence positive le plus crucial en matière de qualité de l'apprentissage et d'attitude face à une tâche est le degré et la qualité de l'interactivité du système (Schramm, W. 1972, Bosco, J. 1986). Or, l'interactivité est le principal critère de différence entre les systèmes audio-visuel traditionnels et un SAMI : non seulement plusieurs sens sont-ils alors sollicités, mais c'est l'utilisateur qui dirige l'interaction (Hapeshi, K. 1992).

La plupart des théories de l'apprentissage postulent que l'étudiant doit se sentir engagé dans un processus interactif logique s'il veut être en mesure de construire son propre savoir et de le généraliser. Un système d'enseignement interactif doit s'adapter au cheminement de l'étudiant, suivre les progrès de celui-ci et apporter les ajustements nécessaires le cas échéant; on parle alors de modélisation de l'apprenant. Par son manque d'interactivité, la télévision limite le système cognitif à un rôle passif d'absorption de l'information et ne facilite donc pas le processus naturel d'apprentissage. Avec un SAMI, par contre, l'étudiant s'engage dans un travail cognitif complexe, qui lui permet de manipuler son environnement. La nature interactive de ces

systèmes est sans doute plus en accord avec le fonctionnement normal du système cognitif humain (Duchastel, P. 1991, Simpson, M.S. 1994 et Thurman, R.A. 1992).

### Enseignement individualisé

La pédagogie du succès (*mastery-learning*), telle que formulée par Bloom (1968), postule qu'avec le temps et les ressources suffisantes, tous les étudiants devraient pouvoir atteindre tous les objectifs d'un cours. Dans l'enseignement traditionnel, le contenu, le temps d'apprentissage et les méthodes pédagogiques sont les mêmes pour tous, mais les résultats diffèrent d'un étudiant à l'autre. Avec un système d'enseignement individualisé, le temps d'apprentissage et les méthodes peuvent varier, mais tous les étudiants devraient bien réussir (Romisovski, A. J. 1986).

Un SAMI crée des liens dynamiques entre des nœuds d'information contenant plusieurs types de symboles. Il permet à l'utilisateur de manipuler l'information de façon interactive et non linéaire pour répondre à ses propres besoins de formation (Park, I. 1993). Ces caractéristiques peuvent sans doute expliquer en bonne partie les résultats très positifs obtenus avec les SAMI (Najjar, L.J. 1996).

### Influence sur la perception de la tâche à accomplir et la motivation

La qualité de l'apprentissage repose beaucoup sur la quantité d'efforts investis par l'étudiant. Cette quantité d'efforts est influencée par la perception de l'étudiant du système utilisé et de ses propres capacités (Cennamo, K.S. 1991 et 1993, Salomon, G. 1979b et 1983). Un étudiant peut bien réussir une évaluation suivant la présentation de la matière même si sa perception du sujet est négative. Cependant la rétention à long terme est alors très réduite. Au chapitre de l'apprentissage, les SAMI l'emportent sur les méthodes plus traditionnelles entre autres parce qu'ils entraînent en général une meilleure perception du sujet et donc une augmentation de la motivation des étudiants (Fletcher, D. 1989, Tennyson, R.D. 1984).

Un des éléments importants pour maintenir ou augmenter l'intérêt ou la motivation est la disponibilité de l'information au moment où l'intérêt est maximum. Avec les SAMI, l'information est facilement disponible et accessible (Duchastel, P. 1991).

Finalement, plusieurs études l'ont clairement démontré et il est important de le souligner, un SAMI bien structuré réduit le temps d'apprentissage de façon très significative (Murphy, L.A.

1993, Kulik, C.C. 1986). La conception d'un système bien structuré requiert cependant la connaissance et l'application de règles de design éprouvées.

### ***Problématique soulevée***

Déjà en 1989, Winn affirmait qu'un des principaux axes de recherche en technologie éducative devait être l'étude de la présentation de l'information aux systèmes perceptifs de l'étudiant (Winn, W.D. 1989). Reigeluth ajoutait qu'il était urgent pour les technologues de l'éducation de se doter d'outils qui permettaient de conseiller efficacement les concepteurs de SAMI en tenant compte des avantages uniques des nouvelles technologies de l'information et de la communication (Reigeluth C.M. 1989).

Dans cette perspective, Reigeluth définissait ce type de recherche comme étant résolument prescriptive et il avait identifié six axes de recherche qui méritaient une attention particulière (Reigeluth, C.M. 1992) :

1- Prescriptions sur des sujets comme la compréhension ou les compétences génériques

**2- Prescriptions qui tirent avantage des possibilités uniques des NTIC.**

3- Prescriptions sur les façons de structurer un cours ou un curriculum.

**4- Prescriptions sur la sélection des médias.**

5- Prescriptions sur le design de systèmes de gestion de l'enseignement.

6- Prescriptions sur l'amélioration de la motivation des étudiants.

Dans cet ordre d'idée, Shih soulignait encore récemment qu'un des principaux objectifs du design pédagogique des SAMI est de choisir le type de message le plus efficace dans une situation pédagogique donnée (Shih, Y.E. 1996).

### ***Objectifs du travail de recherche***

En accord avec les suggestions de Reigeluth, notre travail de recherche vise donc avant tout à énoncer un ensemble de principes de design portant sur la médiatisation optimale et harmonisée des messages de type imagé (son et image) ou linguistique (narratif et écrit) utilisés dans le design des SAMI en formation médicale universitaire. Les connaissances issues des différentes branches des sciences cognitives et plus particulièrement de la psychologie expérimentale de

l'apprentissage ont servi de contexte théorique à la formulation de ces principes de design. Certains de ces principes ont, par la suite, été mis à l'épreuve dans le simulateur de cas cliniques d'anémie, " Anémie virtuelle ".

## ***Fondements théoriques et revue des écrits***

Lorsqu'on veut en arriver à suggérer des principes de design pour l'intégration harmonisée des différents médias lors de la mise au point d'un SAMI, la revue de littérature s'impose. La base théorique de notre travail de recherche sera principalement puisée dans la psychologie expérimentale. En gros, quatre thèmes connexes ont été révisés, soit la relation entre le message et les systèmes de codes, les caractéristiques des canaux perceptifs visuel et auditif, l'interrelation entre ces canaux et la mémoire et, finalement, les différences cognitives entre les experts et les novices en matière de traitement de l'information. Pour chacun de ces sujets, certains principes théoriques de design pédagogique seront suggérés.

### ***Type de message, média et système de code***

L'appréhension du réel se fait selon deux modes distincts : les messages de type linguistique, analytiques et logiques, ont comme support le mot (le langage et l'écrit) et sont sous la commande de l'hémisphère gauche du cerveau. Les messages de type imagé (image visuelle ou sonore), synthétiques et intuitifs, sont principalement sous la commande de l'hémisphère droit. Chacun permet de rendre compte d'une partie du réel (Cossette, C. 1983).

Contrairement à ce que plusieurs chercheurs pensent, les différents médias " n'enseignent " pas tous de la même façon. La nature du stimuli, sa nouveauté et sa complexité influencent l'apprentissage (Salomon, G. 1983). Si ses capacités propres sont bien exploitées, chaque type de message et chaque média permet de répondre à des situations spécifiques au bénéfice de certains étudiants, d'accomplir certaines tâches et d'atteindre certains objectifs pédagogiques (Salomon, G. 1979a). L'originalité d'un message et des détails sémiotiques qui le composent influencent beaucoup sa mémorisation (Maki, R.H. 1990).

Tout développement de systèmes d'enseignement, d'apprentissage ou de formation, renvoie obligatoirement à la mise en forme de messages pédagogiques. La structuration de la mise en forme du message s'opère en étroite liaison avec les principes de la communication, de la sémiotique et de l'apprentissage (Marton, P. 1994).



## Systèmes de codes

Il existe quatre grandes catégories de codes, qui vont des codes sensoriels à des codes plus abstraits comme le code lexical ou le code sémantique : 1) les codes sensoriels (visuel, auditif, olfactif...), 2) les codes phonologiques et lexicaux, 3) les codes images et 4) les codes images spécialisées (Lieury, A. 1992). Un système de code donné vise certains aspects particuliers du message. Différents systèmes de codes portent différentes significations surtout quand le contenu du message est nouveau (Salomon, G. 1979b).

Trois facteurs influenceront principalement le type d'information extrait d'un message par un étudiant. Le premier est le système de code utilisé pour présenter le message. Les deux autres mettent en jeu le système cognitif de l'étudiant : les connaissances déjà acquises sur le sujet par l'étudiant et sa perception du sujet ou de la tâche à accomplir (Tennyson, R.D. 1984).

Un système de code se distingue par le genre d'information qu'il peut transmettre, décrire ou exprimer. Il est caractérisé par un groupe d'éléments, dont des mots, des chiffres, des notes liés par des règles de syntaxe, des conventions, qui sont utilisés dans certains domaines de connaissances. Certains systèmes comme l'alphabet ou les notes de musique sont plus abstraits que d'autres. Les symboles utilisés dans ces systèmes ne sont pas ambigus et chacun des éléments représente une réalité précise et univoque. D'autres systèmes, les images par exemple, sont beaucoup moins abstraits. Certains systèmes de symboles mettent l'accent sur la désignation (chiffre, code Morse...) tandis que d'autres font appel aux émotions (ballet...). D'autres encore (langages, images...) peuvent exprimer toute une palette de réalités selon les situations. Les différents systèmes ne sont pas mutuellement exclusifs et souvent leurs caractéristiques spécifiques se chevauchent. L'expérience quotidienne nous enseigne que certains systèmes sont souvent plus efficaces que d'autres pour transmettre certains types d'information ou rencontrer certains objectifs spécifiques. Rares sont les médias associés à un seul système de symboles. Généralement, un média peut utiliser plusieurs systèmes. Il est cependant évident que certains médias sont beaucoup mieux adaptés à certains systèmes de codes et donc à certains types de message que d'autres (Salomon, G. 1979a).

Les systèmes symboliques utilisés par les différents médias influencent de plusieurs manières les fonctions cognitives. Premièrement, un système de symboles donné représente généralement mieux certains aspects particuliers d'un contenu. Deuxièmement, un message est traité avec certains codes symboliques selon son degré d'isomorphisme avec les représentations internes de

l'apprenant et la tâche ou les objectifs de la leçon. Troisièmement, l'efficacité des systèmes symboliques semble varier selon l'habilité mentale de l'apprenant à extraire l'information du message. Il est évident que ces habilités mentales sont très différentes chez le novice et l'expert.

Le système de code peut influencer l'apprentissage en activant des compétences mentales qui servent à transformer les codes externes en codes internes. Il peut aussi court-circuiter les compétences requises en donnant directement les mêmes résultats qu'une transformation mentale. Un système de symboles donné peut plus efficacement représenter certains aspects de la réalité que d'autres. Ce n'est pas la similitude objective entre la réalité à rendre et le système de symboles utilisé qui est responsable de ces différences, mais plutôt l'intensité de l'effort mental à investir pour l'encodage et l'élaboration des schémas cognitifs. Cet effort mental dépend du système de code utilisé et varie aussi selon la personne, la tâche et le type de contenu. Donc, moins il y a de différence entre la présentation d'une information et le type de représentation mentale que s'en fera un individu, plus le codage sera facile et meilleure sera la communication (Salomon, G. 1979b).

## Transmédiation

Il ne semble pas toujours pertinent d'essayer de faire correspondre le système de code d'un message et son référent (toujours présenter un objet par sa photo, par exemple). En effet, ce qui compte vraiment c'est le degré de correspondance entre le système externe utilisé pour coder le message et le système interne généré pour traiter la nouvelle information. Plus les deux systèmes sont cognitivement proches, moins le traitement du message nécessitera de "traduction" préalable. Une image communiquera mieux une idée si c'est l'imagerie mentale visuelle qui sert à traiter ce message. Si, par contre, cette image doit être traduite en phonème avant d'être traitée, on peut en déduire que le système iconique n'est peut être pas le système symbolique le plus approprié pour transmettre ce message efficacement. Le système interne généré dépendra des habilités cognitives de l'individu, du type de tâche à accomplir et des objectifs de l'apprentissage (Salomon, G. 1979a).

La transmédiation (traduire un message ou de l'information du code original à un autre) entraîne souvent une perte importante d'information (ex. : décrire une image), car la redondance de l'information originale est alors souvent perdue. Ceci explique pourquoi la narration, qui est

fréquemment utilisée dans les cours pour présenter toute une gamme d'informations différentes, est souvent peu efficace.

Certaines disciplines requièrent la manipulation physique des objets (anatomie...) pour que l'apprentissage soit optimal. En raison des coûts, des dangers ou de la complexité de ces manipulations, il est souvent préférable de faire subir une transmédiation au contenu. On parlera alors d'instruction ou d'apprentissage indirect (film, simulateur, etc.). La transmédiation permet ici de rendre les manipulations sécuritaires, économiques et adaptées aux compétences de l'étudiant (Tennyson, R.D. 1984).

### ***Mémoire, canaux perceptifs et type de message***

Souvent utilisés indifféremment, les termes apprentissage et mémoire renvoient à deux réalités distinctes. L'apprentissage désigne tout processus susceptible de modifier un comportement ultérieur tandis que la mémoire désigne la capacité de retrouver des expériences passées. La mémoire est donc un système de stockage et de récupération de l'information et tous les processus de mémorisation, qu'ils soient naturels ou artificiels, passent par trois étapes. Il faut d'abord alimenter le système en information, un processus habituellement appelé encodage, puis faire appel à un moyen de stockage pour conserver cette information dans le temps et en prévenir l'oubli, et enfin, s'assurer de pouvoir accéder aux informations stockées (Baddeley, A.D. 1994).

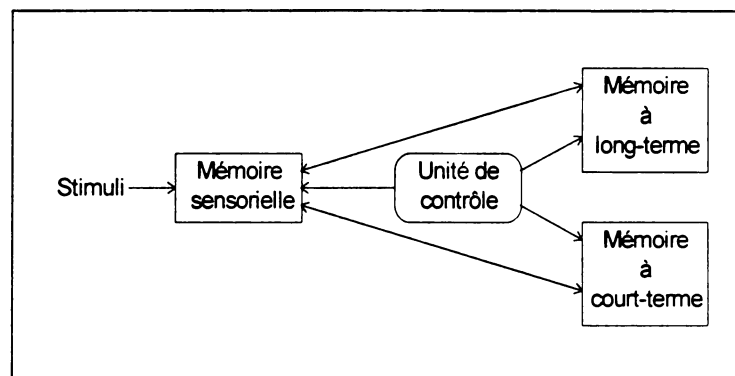
Pour apprendre, il est évidemment essentiel d'être capable de recevoir des stimuli du monde extérieur grâce aux canaux de perception puis de se souvenir. Il est donc important de comprendre comment la mémoire humaine fonctionne et comment elle utilise les différents stimuli, si on entend prescrire des règles efficaces de médiatisation des messages dans les SAMI.

### **Le fonctionnement de la mémoire humaine**

L'esprit humain tente toujours de simplifier, de filtrer et d'organiser la masse d'information qui lui est présentée pour en faire un tout cohérent et utilisable par la mémoire. La mémoire se divise en trois sous-unités : la mémoire sensorielle, la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. La mémoire sensorielle touche les sensations qui suivent immédiatement la

perception des stimuli. Sa fonction est sans doute de filtrer ce qui sera transféré à la mémoire à court terme. La mémoire à court terme s'occupe principalement chez l'humain de l'encodage des stimuli auditifs et visuels. La mémoire à long terme implique des changements neuronaux plus ou moins permanents et sert à stocker et archiver l'information et à générer la "perception interne" (Ashcraft, M.H. 1989, Simpson, M.S. 1994 et Tennyson, R.D. 1990). Le schéma suivant illustre le fonctionnement de la mémoire humaine tel que décrit par Ashcraft (1989).

*Figure 1: Fonctionnement de la mémoire humaine selon Ashcraft, M.H. (1989)*



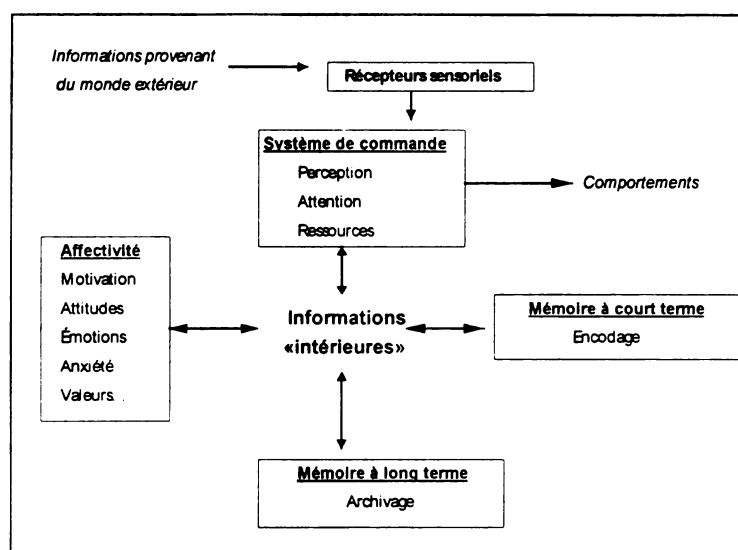
Les connaissances déclaratives forment le savoir factuel tandis que les connaissances procédurales font référence au "comment faire". Les connaissances contextuelles permettent de comprendre quand et pourquoi utiliser certaines compétences. Les connaissances déclaratives et procédurales forment donc la banque de données et les connaissances contextuelles, l'organisation ou le système d'archivage du savoir chez un individu. La perception des informations provenant du monde extérieur sert à attirer l'attention et à préparer l'étudiant à l'effort demandé par l'apprentissage. Ces informations transitent par la mémoire à court terme où elles sont codées puis elles sont emmagasinées dans la mémoire à long terme. Grâce au processus d'archivage de la mémoire à long terme, de nouveaux savoirs deviennent alors disponibles.

Les variations de perception, les connaissances et certaines caractéristiques biologiques déterminent la façon dont un individu codifie l'information qui lui est présentée (Tennyson, R.D. 1990).

Nous allons maintenant "disséquer" les différentes composantes de la mémoire humaine pour mieux en saisir le fonctionnement.

Le modèle de base du système cognitif de l'apprentissage peut s'enrichir de différents phénomènes reliés à la perception et des composantes affectives qui influencent la cognition. Dans ce modèle, le système de commande sert à filtrer les informations du monde extérieur. Au premier niveau, la perception, qui sert à diriger l'attention et à déterminer la quantité d'efforts qui seront investis dans l'apprentissage. L'attention maintient l'interaction avec la mémoire à court terme et la procédure d'encodage. Les ressources servent à coordonner le travail des différentes parties du système. De plus, le système de commande module les comportements associés au fonctionnement du système cognitif de l'individu. Les composantes affectives, dont la motivation, les attitudes et les émotions, influencent très significativement l'apprentissage et doivent donc être incluses dans le modèle (Ashcraft, M.H. 1989 et Tennyson, R.D. 1992).

Figure 2: Système cognitif humain d'après Tennyson, R.D. (1992)

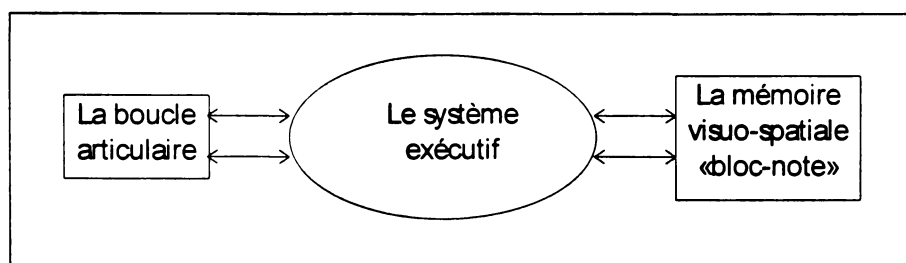


### Mémoire à court terme

Le temps est un facteur crucial pour la mémoire à court terme et le pourcentage normal d'oubli est d'environ 60% dans un délai de 3 secondes. La mémoire à court terme peut contenir simultanément quatre courts concepts. Huit secondes seront requises en moyenne pour mémoriser à long terme chacun de ces concepts. (Lieury, A. 1992 et Simon, H. 1980).

En 1986, Baddeley a proposé un modèle pour expliquer le fonctionnement de la mémoire à court terme : celle-ci aussi appelée mémoire de travail comprendrait trois unités distinctes :

Figure 3: Structure de la mémoire de travail selon Baddeley, A.D. (1986)



L'unité centrale est responsable du raisonnement, de la prise de décision et de la supervision de sous-systèmes "esclaves", la boucle articulaire et le "système bloc-notes". En gros, la boucle articulaire joue deux rôles principaux dans la mémoire à court terme : elle sert à maintenir plus longtemps l'information auditive en mémoire pour favoriser son encodage (système tampon). Deuxièmement, elle permet à l'information non auditive d'être traitée par le système (traduction de graphèmes en phonèmes). Cet élément serait particulièrement utile pendant la lecture (Salamé, P. 1982, Baddeley, A.D. 1986, Lieury, A. 1992 et Logie, R.H. 1990). L'autre sous-système, le "bloc-notes" joue un peu le même rôle pour les informations visuospatiales. La capacité limitée de la mémoire de travail se traduit par une baisse de performance lorsque survient une tâche concurrente à la mémorisation (Baddeley, A.D. 1986).

La mise à jour de la mémoire consiste à modifier l'état d'un schéma stocké dans la mémoire de façon à y accommoder une nouvelle connaissance. L'unité centrale de la mémoire de travail est responsable de cette mise à jour (Morris, N. 1990a).

### Mémoire à long terme

Selon plusieurs auteurs, la mémoire à long terme peut être vue comme une grosse banque de données indexée de références croisées. L'information est retrouvée grâce à un index ou à l'aide des autres références (Simon, H. 1980).

La reconnaissance d'informations codées dans la mémoire à long terme est relativement stable pendant plusieurs années. Par contre, la capacité à se souvenir commence à décroître après quelques mois en l'absence de révision (Ashcraft, M.H. 1989). Répéter une information en améliore la mémorisation en resserrant les liens entre la mémoire de travail et la mémoire à long terme. Il semble, à la lumière de plusieurs études sur le sujet, que l'effet positif maximum de la répétition soit observé quand celle-ci survient quelques jours après la présentation initiale.

On appelle ce phénomène l'hypermnésie. (Wicks, R.H. 1992). L'information stockée dans la mémoire à long terme n'est pas oubliée, mais plutôt éventuellement perdue dans la mémoire. Cette information est toujours là, mais le système d'archivage se détériore avec le temps. Plus une information est distincte des autres ou comprend des éléments reconnaissables et spécifiques, plus elle sera retrouvée longtemps et facilement (Ashcraft, M.H. 1989). Il est aussi important de souligner et de tenir compte du fait que les caractéristiques physiques du stimuli persistent en mémoire à long terme. (Hapeshi, K. 1992).

La mémoire à long terme peut être décomposée en deux sous-unités : la mémoire sémantique et la mémoire épisodique. La mémoire sémantique renferme les connaissances générales d'un individu, y compris ses connaissances linguistiques. Si la nature de ces connaissances diffère peu chez les individus d'une même culture, la quantité, par contre, peut varier considérablement. Le système lexical de la mémoire sémantique semble intégrer les différentes caractéristiques, graphiques, articulatoires et morphologique des mots. Il sert d'intermédiaire dans la plupart de nos activités cognitives, notamment lorsque notre "imprimante", la vocalisation, est mise à contribution. C'est pourquoi on peut l'imaginer comme une interface permettant à différents modules (visuel, phonologique, programmation de réponses) de communiquer entre eux. Pour sa part, la mémoire épisodique renferme les connaissances autobiographiques d'une personne (Ashcraft, M.H. 1989, Baddeley, A.D. 1994 et Lieury, A. 1992).

La mémoire sémantique est essentiellement conceptuelle et stocke uniquement la signification, le sens des mots alors que la morphologie est stockée dans le sous-système lexical. Les concepts de la mémoire sémantique sont classés de façon hiérarchique. Seules les propriétés (ou attributs) spécifiques sont classées avec les concepts (Lieury, A. 1992).

Les messages mémorisés à long terme contiennent beaucoup d'information non sémantique sur le mode de présentation autant chez l'enfant que chez l'adulte. (Lehman, E.B. 1985).

### ***Système perceptif auditif et visuel***

En gros, le système responsable du traitement de l'information audioverbale fonctionne en série et le système responsable du traitement de l'information visuospatiale, en parallèle (Logie, R.H. 1989).

L'image mentale visuelle joue sans doute un rôle plus important que l'imagerie auditive dans la pensée et la mémoire humaine parce qu'elle est mieux adaptée au traitement des plus grands ensembles d'éléments. L'imagerie auditive demeure tout de même bien adaptée aux activités plus introspectives reliées au langage ou à la musique, par exemple. Par contre, la réminiscence d'éléments à l'aide de l'imagerie auditive est, en général, plus efficace sans doute en raison de la tendance à visualiser l'objet à l'origine du son et le son. Plus il y a de codes associés à un élément (théorie de la redondance des codes), plus il y a de repères pour la recherche en mémoire (Stillman, J. 1993), meilleur est l'apprentissage (Levie, W.H.1982, Mayer, R.E. 1992, Nugent, C.G. 1982).

L'information écrite doit être convertie de graphèmes en phonèmes avant d'être traitée (Baddeley A.D.1986), mais l'information auditive entre directement dans la boucle articulaire de la mémoire à court terme (Morris, N. 1990b).

La mémoire auditive à court terme semble être particulièrement bien adaptée à l'encodage d'informations présentées séparément ou en séquence alors que la mémoire visuelle ne peut contenir beaucoup plus d'un élément à la fois. Qu'une nouvelle image se présente et la précédente est oubliée si elle n'a pas été encodée (Salamé, P. 1982).

## Le canal auditif et l'apprentissage

### Caractéristiques

Les limites de l'audition humaine nous obligent à tenir compte des caractéristiques du canal auditif et de la façon dont l'information y est traitée (Hapeshi, K. 1992).

Ce canal multidirectionnel est particulièrement efficace pour transmettre l'information urgente et donc attirer rapidement l'attention de l'utilisateur, peu importe l'orientation du champ visuel de celui-ci (Tucker, P. 1991). On peut le considérer comme le principal système d'alarme de l'appareil cognitif humain. En effet, il est en mesure de mettre le système nerveux en alerte sans occuper la capacité d'attention. Voilà un système automatique qui laisse toutes les capacités du système nerveux disponibles, peu importe la modalité des signaux qui suivront (Posner, M.I. 1976). Le canal auditif permet donc au sujet de participer à une autre activité cognitive tout en recevant une information auditive (Tucker, P. 1991).



Comme avec tous les systèmes d'alarme, l'utilisation répétée et inopportune de stimuli sonores peut vite devenir très agaçant et donc nuisible (Tucker, P. 1991).

Le son est par définition transitoire et publique, mais il peut être facilement répété, ce qui en favorise la rétention (Hapeshi, K. 1992). La structure du langage est conçue de façon telle qu'elle semble renforcer la capacité de l'être humain à retrouver le sens d'une communication à partir de quelques fragments isolés. Le langage est assurément très redondant pour nous permettre d'être plus attentif aux détails, d'anticiper la suite du discours ou de percevoir les grandes lignes du sujet exprimé (Lindsay, P.H. 1980). Pour être efficace, le message parlé doit être court et traiter uniquement des faits saillants (Hapeshi, K. 1992), mais il est prudent d'inclure les points forts du message dans des phrases redondantes pour assurer une meilleure stabilité à l'essentiel du message à transmettre (Tucker, P. 1991).

La capacité de la mémoire à court terme en matière d'information auditive ou écrite présentée en série dans des conditions normales de présentation (1 à 2 secondes par élément) est d'environ sept éléments. Si le temps de présentation diminue, la mémorisation en souffre passablement (Lieury, A. 1992). Comparé au système visuel, le système perceptif auditif est plus sensible au temps et à la chronologie des événements qu'à l'espace. Il est donc particulièrement efficace pour l'encodage et la réminiscence d'éléments sériels comme des listes de mots (Watkins, M.J. 1992).

La présentation sur le canal auditif d'une liste de mots entraîne généralement une meilleure rétention à long terme que la lecture en silence de cette liste. Cet effet est maximal si le message acoustique est généré par le sujet lui-même (répète à haute voix). Dans ce cas, la supériorité du canal auditif s'expliquerait par son mode de fonctionnement en série, l'information auditive mémorisée permettant de conserver les détails chronologiques de la présentation. L'information visuelle, qui est traitée en mode parallèle, est encodée avec beaucoup moins de détails chronologiques. Ces détails sont des indices très utiles lors de la recherche ultérieure de l'information dans la mémoire à long terme (Conway, M.A. 1987, Gathercole, S.E. 1988 et Glenberg, A.M. 1986). Par contre, la perte de l'information non sémantique d'un message est plus rapide pour le mode auditif que le mode visuel (Lehman, E.B. 1985).

Quand l'information est présentée par le canal auditif, les performances de rappel immédiat sont meilleures avec un rétrocontrôle immédiat qu'avec un rétrocontrôle différé, et le rétrocontrôle auditif non verbal (symbole auditif) est plus efficace que le verbal. Ceci s'accorde avec le fonctionnement de la mémoire de travail et l'observation d'une interférence en présence d'une parole non pertinente (Jones, D.M. 1989).

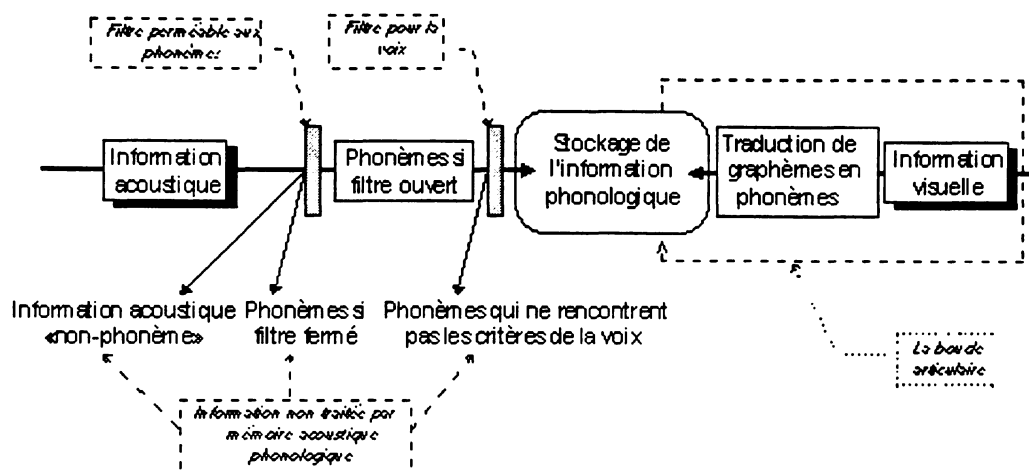
La mémoire phonologique à court terme est importante pour l'apprentissage de matériel verbal nouveau, mais non essentielle à la formation d'associations entre des concepts significatifs déjà connus (Baddeley, A.D. 1988).

### Bruits et musique de fond

L'information acoustique doit traverser au moins deux filtres avant d'être traitée. Le premier est perméable à tous les phonèmes et sert à bloquer les bruits superflus, mais il peut aussi devenir imperméable aux sons répétés et ainsi protéger le système cognitif contre les stimuli inutiles (Morris, N. 1990b).

Le bruit de fond interfère avec la mémorisation de l'information auditive (Schramm, W. 1972, Rabbit, P.M.A. 1968) et le souvenir immédiat de mots présentés sur le mode visuel (Salamé, P. 1989). On l'observe même si la langue utilisée pour transmettre ce message inopportun n'est pas comprise par le sujet. Plus le "bruit" ressemble à la voix humaine, plus il interfère avec la mémorisation. La musique nuit davantage qu'un bruit non spécifique, mais moins que la musique vocale. La suppression artificielle de la subvocalisation élimine toutefois cet effet perturbateur. Le bruit ou les paroles inattendues ou non pertinentes interféreraient donc avec le système de la boucle articulaire de la mémoire à court terme (Salamé, P. 1982).

Figure 4: Fonctionnement de la mémoire acoustique à court terme, d'après Morris et Jones (1990b)



Les courtes périodes de repos augmentent l'apprentissage et le silence semble alors préférables à la musique de fond (possibilité de retour sur la matière) (Schramm, W. 1972).

La musique de fond mal utilisée n'offre aucun avantage dans un système multimédia (Schramm, W. 1972 et Hapeshi, K. 1992). Par contre, et cela est très clair, les émotions influencent le traitement des informations. Les mécanismes responsables de cette influence ne sont toujours pas connus, mais il semble que les émotions mettent le système cognitif en éveil (Lang, A. 1993). Le rôle principal de la musique est sans doute d'influencer l'humeur et les émotions de l'auditeur. Ainsi, la musique de fond peut influencer le rappel de scènes d'un film surtout si cette musique "adoucit" l'humeur de l'auditeur. Il est cependant essentiel que l'humeur générée par la musique soit congruente avec l'ambiance de la scène afin de créer un effet de cohérence et améliorer la mémorisation. Le système cognitif humain semble avoir un biais pour la cohérence et les faits agréables : les gens ont tendance à mieux se souvenir des événements positifs et cohérents. Bizarrement, si la musique précède ou sert à introduire une scène, l'incohérence entre la musique et la scène qui suit peut favoriser une meilleure mémorisation. La dissonance ou l'effet de surprise servirait ici de repère mnémonique (Boltz, M. 1991).

## Le canal visuel et l'apprentissage

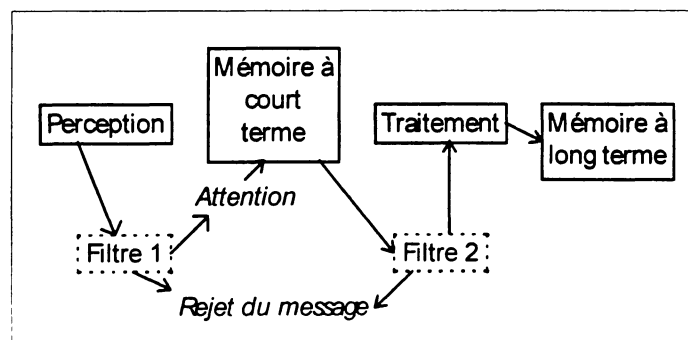
### Caractéristiques

Les yeux balayent le champ visuel grâce à de courts mouvements saccadés puis fixent l'image très brièvement pour en tirer l'information. Cette information est encodée puis gardée dans la mémoire sensorielle pendant moins d'un quart de seconde. L'image iconique, qui peut contenir l'information relative au mouvement, s'estompe très rapidement et est effacée par une nouvelle image. Une partie de l'information visuelle peut être transférée dans la mémoire à court terme grâce au processus de l'attention " focale" (Ashcraft, M.H. 1989). En général, une image est fixée 3 fois par seconde et, plus elle est fixée souvent, mieux elle est mémorisée. Les images jugées importantes et celles qui contiennent plus d'éléments picturaux pertinents bénéficient d'un plus grand nombre de fixations oculaires et, par conséquent, d'un temps de visionnement prolongé (Loftus, G. 1972). L'hémisphère gauche serait responsable du traitement de l'information auditive et les deux hémisphères, du traitement de l'information visuelle. La puissance de l'image mémorisée peut en partie s'expliquer par cette double participation (Lieury, A. 1992).

D'après Logie (Logie, R.H. 1989), la mémoire visuospatiale à court terme est un système différent et indépendant de la mémoire à court terme auditive. Cette mémoire visuelle à court terme est responsable du traitement de l'information provenant de la perception visuelle et aussi de la génération d'image mentale.

Contrairement aux apparences, la mémoire visuelle n'est pas une mémoire photographique : si l'objet de l'image est bien mémorisé, ses caractéristiques, elles, (grosesse des composantes, disposition...) sont très mal retenues (Lieury, A. 1992 et Palmer, J.1990).

*Figure 5 : Modèle dynamique de la mémoire visuelle, d'après Palmer, J. (1990)*



Le code sensoriovisuel permet à une image de demeurer en mémoire pendant une fraction de seconde. Ce code a l'avantage de permettre à un plus grand nombre d'unités (*chunk*) d'information d'être stockées en même temps. Si elle n'est pas rejetée, l'information est ensuite traitée dans le sous-système " bloc-notes " responsable de l'aspect visuospatial. Ce système génère des données moins éphémères. La capacité de la mémoire visuelle à court terme est limitée par le nombre d'éléments à retenir simultanément et la similitude picturale des éléments. L'humain a la capacité de retenir une information visuelle pendant un court laps de temps et la présentation d'images non pertinentes interfère avec la mémorisation du message visuel en saturant la mémoire tampon visuelle. La capacité de la mémoire visuelle à court terme est limitée et elle doit être constamment remise à jour pour éviter l'oubli et favoriser l'encodage du message (Logie, R.H. 1990).

Même si quatre-vingt-dix pour cent de notre information sur le monde extérieur passe par les nerfs optiques (Cossette, C. 1983), l'information visuelle est généralement traitée moins rapidement que l'information auditive (Posner, M.I. 1976).

En situation normale, le canal visuel domine les autres canaux perceptifs chez l'enfant comme chez l'adulte. La dominance visuelle semble être reliée à la faible capacité relative de ce canal à alerter l'organisme comparativement au canal auditif ou à la proprioception. Pour qu'un stimuli visuel puisse servir d'alerte, l'information doit d'abord être traitée par le système préperceptuel (filtre). Si cette information est jugée sémantiquement pertinente, le système attentif est alors requis pour la suite des opérations. En réponse à cette faiblesse relative, le système nerveux a tendance à concentrer une part importante de ses capacités d'attention sur le canal visuel, les autres canaux se retrouvant avec la part congrue (Posner, M.I. 1976).

En général, les étudiants préfèrent les images analogiques aux autres (schémas, etc.) (Cossette, C. 1983). Toutefois, le réalisme d'une image peut en ralentir le traitement par le système cognitif. En effet, les détails ou la couleur rendent la mémorisation plus laborieuse et de simples contours en noir et blanc permettent souvent une meilleure mémorisation du message. Le codage d'images complexes demande un temps d'inspection assez long pour permettre plusieurs fixations sur différents endroits de l'image (Lieury, A. 1992). Une augmentation de l'intensité générale de l'image (contraste, luminosité...) peut aussi favoriser son encodage (Loftus, G.R. 1994). Le contenu graphémique de l'image, particulièrement la couleur, qui favorise le repérage, influence l'ordre du balayage. La force de communication d'une image c'est de permettre une

lecture immédiate. De là l'importance d'élaguer, de condenser et d'amplifier le message (Cossette, C. 1983).

Pour transmettre l'information linguistique, le canal visuel devrait être surtout réservé aux messages longs et complexes,, renfermant des termes difficiles ou nouveaux qui doivent être revus fréquemment. Par contre, l'image est particulièrement utile lorsque des éléments spatiaux sont présentés (Bieger, G.R. 1986, Tucker, P. 1991).

### Les graphèmes

Le codage verbal d'une image comprend une composante lexicale et une composante sémantique alors que le codage des mots présentés sur le canal auditif présente surtout une composante lexicale. Les mots sont donc codés plus rapidement que les images mais mémorisées moins longtemps (Lieury, A. 1992).

Pendant la lecture, l'information visuelle est codée grâce à l'activation de la subvocalisation (boucle articulatoire de Baddeley). Plus le texte lu est difficile, ou moins le lecteur est compétent, plus la subvocalisation est importante. Sans cette subvocalisation, la mémorisation est médiocre. Pendant la lecture, la subvocalisation assure la traduction des graphèmes en phonèmes puis la mémoire lexicale est sollicitée. La boucle articulatoire peut ici servir de mémoire tampon en attendant le traitement de l'information (autorépétition subvocale). Les mots ou les lettres présentés visuellement sont immédiatement traduits dans un code phonétique interne pour ensuite être temporairement stockés et éventuellement mémorisés. La présentation de messages sonores non pertinents peut donc interférer avec ce processus (Logie, R.H. 1989).

### Les images mentales

La mémoire visuelle à court terme est responsable de traiter la perception visuelle et de générer des images mentales (Logie, R.H. 1990). Les structures neurophysiologiques responsables de la mémoire visuelle à court terme et de l'imagerie mentale sont d'ailleurs les mêmes (Farah, M.J. 1988).

Les images mentales suscitées par la lecture d'un texte sont moins efficaces que les illustrations du texte pour améliorer la mémorisation du message (Levie, W.H. 1982). L'imagerie mentale visuelle est beaucoup plus utilisée que l'imagerie auditive pour la recherche d'éléments comme le

souvenir de scènes, d'objets ou d'impressions dans la mémoire à long terme. Un enseignement qui encourage l'étudiant à utiliser l'imagerie mentale permet donc d'améliorer sensiblement l'apprentissage (Tracy, R.J. 1988).

### Images et texte

Souvent, plusieurs des détails d'une image échappent à la perception sauf si un texte d'accompagnement incite à y porter une attention particulière. S'il existe une relation entre les deux et si le récepteur est incité à faire une exploitation active de l'image, celle-ci aidera à comprendre le texte et vice-versa (résultats de 55 études sur le sujet) (Levie, W.H. 1982). Il est aussi bien démontré que le texte imagé est particulièrement utile avec les étudiants qui ont des problèmes de lecture (Najjar, J.N. 1996).

En situation normale d'enseignement, l'embellissement du texte par des images ou des effets picturaux n'améliore pas l'apprentissage à moins que ces éléments ne servent à attirer l'attention de l'étudiant sur certaines parties du texte à apprendre (Levie, W.H. 1982). Si la disposition du texte à l'écran est logique ou est en rapport évident avec une image, l'apprentissage en est alors facilité (Sapillaga, M. 1991).

### Animations et images vidéo

Il est important d'intégrer des stimuli visuels dynamiques pour favoriser l'apprentissage (Giardina, M. 1992, Mayer, R.E. 1992). Une séquence vidéo est plus efficace pour convaincre ou mettre l'apprenant en situation qu'une image fixe ou un diaporama. Un média qui permet la présentation de séquences vidéo sera donc plus efficace pour entraîner des changements d'attitude chez l'étudiant (Simonson, M.R. 1987). Les séquences animées doivent être de très bonne qualité et vraiment pertinentes. Ces séquences devraient surtout servir à "raconter" des histoires qui permettent à l'utilisateur d'être présent là où il ne serait pas normalement (Ward, M.C. 1992).

L'animation peut être utile et efficace s'il s'agit d'insister sur les grandes lignes du sujet traité plutôt que sur les détails et le gros plan favorise la compréhension du sujet traité (Schramm, W. 1972).

Une étude l'a clairement montré, dans l'apprentissage d'une procédure, les séquences animées donnent de meilleurs résultats à court terme, mais à long terme, le texte est supérieur (Palmiter,

S. 1991) : les étudiants qui ont recours au texte pour comprendre la procédure investissent sans doute plus d'effort que ceux qui regardent passivement les animations explicatives et l'encodage à long terme s'en trouve rehaussé. S'il n'est pas suivi d'une mise en application, l'apprentissage par animation se traduit par une perte plus rapide des connaissances acquises que l'apprentissage par texte.

### **Relation entre les canaux**

On a déjà dit que le média retenu pour transmettre un message favorise certains éléments de l'information au détriment des autres. La télévision aide les enfants à mieux mémoriser l'action et la radio favorise la compréhension du dialogue. Comme les enfants dépendent beaucoup de l'image pour comprendre une histoire, ils ont tendance à faire plus d'erreurs d'interprétation quand le message est exclusivement auditif (Hayes, D.S. 1986). L'image favorise la réflexion synthétique et le mot, la pensée analytique et linéaire. Quand il s'agit de montrer et de particulariser, l'image est sans doute plus efficace. Quand il faut démontrer et généraliser le mot est à coup sûr plus approprié (Cossette, C. 1983).

Par ailleurs, plus il y a de codes associés à une information (théorie de la redondance des codes), plus il y a d'indices non sémantiques qui facilitent le repérage de cette information en mémoire (Levie, W.H. 1982, Mayer, R.E. 1992, Stillman, J. 1993).

Pour utiliser efficacement les canaux auditif et visuel dans des SAMI, il est donc important de bien comprendre le rôle respectif de ces canaux dans le système cognitif et la manière dont ils peuvent interférer ou, au contraire, se compléter.

### **Comparaison**

Les modes sonore et visuel d'échange de l'information diffèrent largement. La parole est publique, transitoire, toujours sujette à interprétation et se prête mal à la transmission d'informations spatiales. Les données transmises verbalement sont aussi plus susceptibles de perdre de l'"exactitude" que les données visuelles (Tucker, P. 1991). Par contre, les signaux sonores sont perceptibles quelle que soit l'orientation spatiale de l'auditeur. L'apprenant peut donc effectuer d'autres types d'activité tout en écoutant un message sonore (Hapeshi, K. 1992).

Le temps de réponse est toujours plus court après un stimuli auditif qu'après un stimuli stimulus visuel : le degré d'attention naturelle dévolue à ces deux canaux est différent, les structures



neurologiques en cause le sont également. Pour les stimuli mixtes (audiovisuels), le temps de réponse est encore plus long en raison d'une saturation des capacités générales d'attention. En effet, chaque modalité doit " piger " dans certaines ressources cognitives communes pour traiter l'information soumise (Robin, D. A. 1992).

Habituellement, pour une liste de mots présentés en série, le rappel moyen est d'environ sept. Si les mots sont remplacés par des images, le rappel moyen est de neuf images. Le temps d'encodage est toutefois bien plus long pour les images, soit environ 10 secondes par image, pour permettre l'encodage des détails (Lieury, A. 1992). Le stimulus auditif est stocké dans la mémoire à court terme pendant environ 4 secondes, beaucoup plus longtemps donc que le stimuli visuel, mais il contient généralement moins d'information (Ashcraft, M.H. 1989).

Un court message sonore est plus facilement répété et peut donc séjourner plus longtemps dans la mémoire à court terme qu'un message visuel. Par contre, l'image demeure généralement disponible plus longtemps. Le fait de pouvoir réentendre un message sonore à volonté en permettrait une meilleure rétention à long terme. En est-il de même pour le message écrit, qui peut être relu ? On ne le sait pas. Le déroulement d'une présentation narrative ou écrite est linéaire et nécessite donc un certain temps, ce qui désavantage la mémorisation du message. Une présentation par l'image n'est pas généralement soumise à cette contrainte de temps (Hapeshi, K. 1992). De nombreuses études ont aussi montré la supériorité de l'image sur la narration pour le rappel : la représentation des étapes d'une action par des images ou des séquences vidéo plutôt que par la narration améliore très sensiblement le rappel de cette action (Lieury, A. 1992). La mémorisation de l'image réclame moins d'effort mental que celle du message narratif. On peut donc penser que si le système cognitif est très sollicité, l'image aura priorité sur le message narratif ou écrit (Grimes, T. 1990).

Dans une présentation audiovisuelle, il est plus facile de reconnaître une image déjà vue que de se souvenir des mots présentés à la place de l'image. Par contre, si on demande d'expliquer des faits présentés par la narration ou par l'image, la narration permettra de donner plus rapidement la bonne réponse. Sans doute parce que, dans ce genre d'exercice de réminiscence le message est mémorisé dans son format d'origine (Hoffner, C. 1989). Il est évidemment plus facile de verbaliser un message présenté sous la forme d'une image que l'inverse (Denis, M. 1976).

La rétention à long terme du contenu sémantique d'un message en mode auditif ou visuel serait la même. La différence résiderait plutôt dans l'aspect non sémantique du message. En effet, les informations auditives sont généralement encodées avec des indices chronologiques plus précis que les informations visuelles. On comprend alors pourquoi les informations auditives récentes sont plus aisément rappelées que les informations visuelles : la chronologie de la présentation peut alors servir de repère à la réminiscence (Conway, M.A. 1987, Gathercole, S.E. 1988 et Glenberg, A.M. 1986). À plus long terme, cependant, le mode visuel permet de mémoriser plus de repères non sémantiques, qui pourront faciliter la reconnaissance du message. Ainsi, de deux listes de mots, l'une présentée oralement l'autre visuellement, la dernière sera reconnue plus facilement. Les graphèmes laissent des traces non sémantiques en mémoire, qui serviront ultérieurement d'indice de repérage pour la recherche d'information (Dean, R.S. 1988 et Lehman, E.B. 1985). On le sait depuis longtemps, le système cognitif humain encode avec une facilité étonnante les images, ce qui permet une mémorisation à très long terme de ce type de message (Shepard, R.N. 1967, Standing, L. 1970).

Si dans un SAMI l'aide est intégralement disponible sous forme de narration ou de texte, les utilisateurs de l'aide narrative auront tendance à être plus rapidement autonomes. Dans ce contexte, le message narratif est sans doute plus efficace. De fait, la plupart des utilisateurs préfèrent l'aide narrative, et les autres disent favoriser l'aide textuelle pour sa stabilité, sa facilité de repérage et ses exigences moindres au regard de la mémorisation (Tucker, P. 1991).

Les étudiants préfèrent, en ordre décroissant, les rétroactions auditives non verbales concurrentes, les rétroactions visuelles terminales et les rétroactions auditives verbales concurrentes (Jones, D.M. 1989).

### Interférence

Même si les auteurs ne s'entendent pas sur les mécanismes de saturation des différents canaux, il est évident que la capacité humaine de traitement de l'information est relativement limitée. Il est donc essentiel que les stimuli audio et vidéo n'entrent pas en concurrence pour l'utilisation simultanée de ces ressources limitées (Hanson, L. 1989 et Hapeshi, K. 1992). Ainsi, la narration et le texte ne doivent pas servir à transmettre simultanément des messages différents, sous peine de confusion (Tucker, P. 1991).

Des stimuli auditifs non pertinents au message principal interfèrent avec la mémorisation de ce message, qu'il soit auditif ou visuel (Miles, C. 1989) : une tâche comme la correction d'un texte imprimé est moins efficace en présence de bruits incongrus. Une narration ou un son apparenté à la voix humaine exercent l'interférence la plus marquée, et ce, indépendamment de leur origine spatiale ou de leur amplitude (Jones, D.M. 1990).

Le sous-système visuospatial de la mémoire de travail comprend une mémoire tampon qui stocke l'information de façon relativement passive. Les mémoires visuelle et spatiale travaillent en tandem et un message non pertinent interférera avec les deux. Tout comme le système de traitement en série de l'information auditive ou linguistique, le système de traitement de l'information visuelle peut être contrecarré par la présentation de messages visuels non pertinents (Toms, M. 1994). On peut aussi altérer le souvenir d'une image par la présentation de nouvelles informations verbales. À l'inverse, il arrive souvent qu'on se "souviennent" d'images visuelles jamais vues, mais plutôt décrites verbalement dans le passé (Intraub, H. 1992).

Dans la mémoire à court terme, les tâches de même nature et qui empruntent le même canal sont les plus susceptibles d'interférer (Lieury, A. 1992). La présentation simultanée du même message linguistique en mode écrit et narratif produit la même interférence que l'intrusion d'un message non pertinent sur le même canal. On peut l'expliquer par la nécessité de traduire les graphèmes en phonèmes. Une image et un message linguistique peuvent donc être présentés simultanément sans interférence si l'image ne demande pas de recodage verbal (Hapeshi, K. 1992).

L'image a préséance sur les stimuli auditifs s'il n'existe aucune relation entre les deux puisque son encodage exige moins d'effort mental. On remarque une baisse générale de la rétention en l'absence de correspondance entre les canaux (Grimes, T. 1990). Par exemple, deux listes distinctes de noms, dont une est à mémoriser présentées respectivement sous forme de narration et de texte à lire, produisent une interférence maximale. Par contre, l'interférence s'atténue légèrement si ces deux listes sont données à lire (Rollins, H.A. 1973).

Plusieurs auteurs ont montré que le format initial d'apprentissage d'une matière influence l'apprentissage ultérieur du même matériel : c'est l'interférence rétroactive. Elle s'expliquerait par l'existence d'une mémorisation à la fois des éléments sémantiques et de certaines

caractéristiques non sémantiques du message, dont le format de présentation. Ces éléments non sémantiques sont de puissants repères pour l'archivage et la recherche future de l'information dans la mémoire à long terme. Changer la présentation d'un même message est une façon efficace d'inhiber l'interférence proactive puisqu'en modifiant ainsi les éléments non sémantiques du message, on permet de le différencier du message précédemment appris (Dean, R.S. 1983). L'interférence proactive ou rétroactive n'altère pas la mémoire en effaçant l'information, mais plutôt en nuisant aux mécanismes normaux de recherche de l'information dans la mémoire à long terme (Ashcraft, M.H. 1989).

## Intégration

### **L'exemple de la télévision**

Chez les enfants qui regardent la télévision, l'attention est pilotée par les deux canaux, mais les informations visuelles sont en général mieux retenues que les informations auditives. La présentation audiovisuelle tend à faciliter la mémorisation de l'action et des détails. Pour sa part, la bande sonore, présentée seule, favorise la réflexion, l'imagination et une plus grande inférence avec des informations extérieures (Hoffner, C. 1989). En général, les enfants retiennent mieux les messages audiovisuels que les messages visuels et très mal les messages auditifs. Cependant, avec l'âge, ces différences s'estompent (Stoneman, Z. 1983).

Des règles simples visant à favoriser l'intégration des canaux auditif et visuel à la télévision ont déjà été formulées. En voici un exemple :

*Tableau I : Règles favorisant l'intégration des canaux à la télévision (Hanson, L. 1989)*

1. Déterminer à l'avance si l'information à apprendre sera plutôt verbale ou plutôt sonore
2. Si l'apprentissage est verbal, le canal vidéo doit être redondant pour favoriser le canal auditif
3. Dans la mesure du possible, utiliser des messages audiovisuels simples et univoques
4. Si l'information sonore est complexe, fournir des messages visuels simples et explicites
5. Avec les enfants, utiliser des messages les plus concrets possibles
6. Utiliser peu le texte à l'écran et l'accompagner de messages audiovisuels redondants. Utiliser peu le texte à l'écran et l'accompagner de messages audiovisuels redondants

À la télévision, la redondance audiovisuelle favorise nettement la mémorisation générale d'une histoire : le canal visuel servirait alors principalement à favoriser la concentration de l'attention

du téléspectateur sur les faits présentés au canal auditif. Dans une présentation télévisuelle, l'information linguistique contient généralement plus d'éléments sémantiques et est souvent moins ambiguë que l'information visuelle, mais en cas de conflit, le système cognitif privilégie le canal visuel pour sa capacité à fournir plus rapidement et facilement des éléments sémantiques. Par contre, en cas de redondance entre les messages audio et le visuel à la télévision, les auditeurs ont tendance à se concentrer, et donc à mieux retenir le message audio au détriment du visuel, qui contient d'ailleurs souvent moins d'information que la bande sonore. L'inverse est aussi vrai : moins les messages audio et visuel correspondent, meilleure est la rétention de l'image (Drew, D.G. 1987).

### **Dans les SAMI**

Si la quantité d'information est supérieure à la capacité de traitement et d'intégration de l'étudiant, il est inutile d'avoir recours à plusieurs canaux en même temps : la présence redondante sur les deux canaux n'améliorera pas l'apprentissage. Si par contre, la capacité de traitement et d'intégration de l'étudiant n'est pas saturée, il peut être pertinent de se servir de plusieurs canaux en même temps (Schramm, W. 1972). Dans ce cas, comme le postule la théorie de la redondance des codes, chaque canal perceptif permettra de mémoriser des référents différents qui serviront d'ancrages spécifiques pour la mémoire à long terme (Mayer, R.E. 1991 et 1995, Paivio, A. 1973 et 1991).

Les canaux audiovisuels sont utilisés en tandem et le canal auditif reçoit plus d'attention quand il y a correspondance entre les deux canaux. Par contre, si des stimuli visuels et auditifs présentés simultanément contiennent des informations différentes, le canal auditif est généralement ignoré (Drew, D.G. 1987 et Posner, M.I. 1976). Étant donnée la capacité relativement limitée de concentration et d'attention de l'humain, la correspondance entre les canaux affecte sûrement la façon dont l'attention est répartie entre ces derniers. Ainsi, l'attention et la mémorisation semblent être facilitées par une forte correspondance entre les stimuli. Quand les deux canaux correspondent, le plus gros de l'attention est requis pour traiter l'information linguistique et le reste sert à intégrer les informations visuelles (Grimes, T. 1990). Avec une correspondance forte ou moyenne, la mémorisation des faits est la même : l'apprenant suivrait donc la narration avec une attention égale dans ces deux cas (Giardina, M. 1992). L'étudiant est généralement prêt à investir un effort mental plus considérable dans les sections

essentielles d'une leçon, surtout si la correspondance audiovisuelle est forte (Cennamo, K.S. 1993).

Il ressort de plusieurs études sur l'intégration des canaux auditif et visuel que ces deux modes de communication ne se concurrencent généralement pas entre eux, mais favorisent plutôt une meilleure compréhension et mémorisation à long terme du sujet présenté. En effet, s'il est possible de construire une représentation mentale qui ait un sens sémantique à partir d'un message sonore ou d'un message visuel, la combinaison des signaux semble agir en synergie, c'est-à-dire qu'elle permet l'ajout d'information complémentaire en rapport avec certaines caractéristiques du système symbolique utilisé. Souvent, l'image peut servir à fournir de l'information extralinguistique difficile à rendre par des mots (Levie, W.H. 1982, Kozma, R.B. 1991 et Tennyson, R.D. 1984). Dans une présentation audiovisuelle, les messages auditifs seraient davantage mémorisés à moyen terme et les messages visuels, davantage à long terme (Hanson, L. 1989, Hapeshi, K. 1992 et Nugent, C.G. 1982).

Dans un texte illustré, le texte contient généralement le message sémantique primaire alors que l'image sert plutôt à évoquer des schémas présents chez l'étudiant pour faciliter l'encodage. Il est possible que, dans un SAMI bien structuré, les stimuli visuels servent aussi à mettre en contexte l'information linguistique et donc à en faciliter le traitement. Dans une présentation audiovisuelle, le canal visuel ou le message imagé représentent souvent la principale source d'information et la narration a généralement un rôle explicatif. Le canal auditif sert alors de "pilote" pour le système cognitif. En contrepartie, l'image contribue souvent à réduire l'ambiguïté de certains passages du message linguistique audio (Grimes, T. 1990, Hanson, L. 1989, Hapeshi, K. 1992 et Kozma, R.B. 1991).

On doit maintenir une certaine uniformité ou cohérence entre le mode des messages. Il faut éviter si possible d'utiliser un mode quand un autre est anticipé (Tucker, P. 1991). Dans une présentation audiovisuelle, la mémorisation des informations présentées sur les deux canaux est optimale à court et moyen terme quand le canal auditif est sollicité immédiatement ou peu après le canal visuel. Il ne faut jamais présenter l'information linguistique avant l'image qui l'accompagne (Baggett, P. 1984 et Kozma, R.B. 1991).

Des activités peu gourmandes en concentration et en effort mental, on pense ici à des pauses musicales ou à la présentation d'exemples simples, peuvent fournir à l'étudiant le temps de réfléchir sur ce qu'il vient de faire ou d'apprendre (Cennamo, K.S. 1993).

Si un contenu présenté verbalement peut facilement générer des images mentales (poésie, littérature...), l'utilisation d'images n'est pas vraiment utile. L'inverse est aussi vrai : il est très utile de présenter des images (schéma ou autres) quand le sujet traité évoque difficilement l'imagerie mentale (physique, chimie...). Il est donc important de tenir compte du pouvoir de génération d'images mentales des informations transmises lorsqu'on médiatise un contenu (Tennyson, R.D. 1984).

Les émotions positives relèvent plutôt de l'hémisphère gauche du cerveau et les émotions négatives, plutôt de l'hémisphère droit. Par conséquent, les faits perçus comme positifs entraînent une meilleure mémorisation verbale et les éléments perçus comme négatifs sont plutôt traités et remémorés visuellement (Lang, A. 1993).

### ***Les caractéristiques des apprenants et les SAMI***

#### **Perception et attitude**

On sait depuis longtemps que la qualité de l'apprentissage repose en grande partie sur la quantité d'efforts consentis par l'étudiant. Sa perception du sujet traité, du système utilisé et de ses propres capacités déterminera l'intensité de son effort mental. Les différences individuelles comme le niveau de compétence, les aptitudes, le degré de motivation et l'attitude sont donc des éléments dont il faut absolument tenir compte dans le design et l'évaluation d'un SAMI (Reeves, T.C. 1992, Salomon, G. 1983).

Ainsi, l'apprentissage est souvent meilleur avec un SAMI qu'avec les méthodes plus traditionnelles parce que, entre autres, les SAMI entraînent généralement une meilleure perception du sujet traité, et donc une motivation accrue chez les étudiants (Tennyson, R.D. 1984).

## Experts et novices

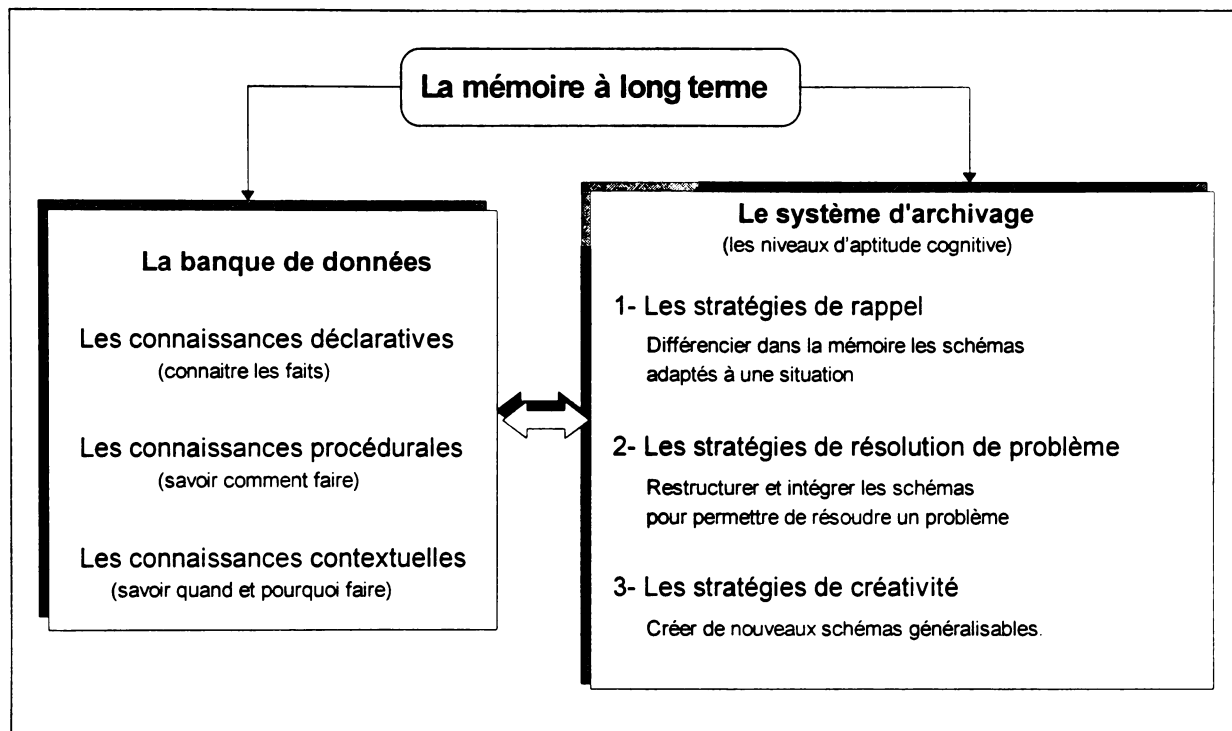
### Les habiletés intellectuelles

Une habileté intellectuelle est essentiellement une capacité d'exécuter des opérations mentales données (Brien, R 1992). L'ensemble des habiletés intellectuelles peut être classé en trois niveaux hiérarchiques distincts : les stratégies de rappel, qui emploient seulement la sélection automatisée de connaissances accumulées en mémoire, les stratégies de résolution de problèmes, qui requièrent des habiletés cognitives de différenciation et d'intégration des connaissances stockées dans la mémoire à long terme, et enfin au niveau supérieur, les stratégies créatives. Les deux niveaux inférieurs sont généralement non transférables parce que spécifiques à un domaine de connaissances, mais le niveau supérieur, en plus de faire appel aux autres niveaux, permet de créer de nouvelles stratégies par la suite transférables. Une base de connaissance peut se définir comme un réseau de concepts et de schémas cognitifs d'importance et d'efficacité variable selon le degré de compétence d'un individu. Plus un individu est compétent dans un domaine, plus ses habiletés intellectuelles sont complexes, abstraites et généralisables (Tennyson, R.D. 1990). La créativité est donc généralement du ressort de l'expert.

Plusieurs travaux de recherche ont montré que les individus qui réfléchissent efficacement et résolvent facilement des problèmes possèdent un bagage important de connaissances et d'heuristiques facilement utilisables et transférables. Il y a donc de forte chance pour qu'une augmentation du bagage de connaissances d'un individu entraîne des performances cognitives plus complexes et efficaces. Par conséquent, le traitement fréquent de nouvelles informations influence très positivement la capacité d'un individu à raisonner et à résoudre efficacement des problèmes.



Figure 6 : Organisation et fonctionnement de la mémoire à long terme en relation avec le niveau de compétence de l'individu (Tennyson, R.D. 1990)



La qualité, la plénitude et la cohérence de la représentation interne d'un problème par un individu détermineront sa capacité à résoudre efficacement ce problème. Ces caractéristiques sont déterminées par les connaissances disponibles et leur organisation mentale. Les novices ont tendance à structurer leurs connaissances autour du sens propre des éléments du problème, mais les experts tiennent compte des principes et des abstractions issues de l'ensemble des éléments du problème (Glaser, R. 1984).

Le novice réalise une tâche de façon très différente d'un expert. Il utilise en effet généralement une approche d'essais et erreurs exigeant en effort mental alors que l'expert procède de façon beaucoup plus automatique. L'automatisation d'une tâche résulte de fréquentes répétitions. Il semble que l'uniformité (la standardisation ou normalisation) des sous-tâches soit un des éléments qui facilitent beaucoup cette automatisation. On entend par uniformité l'invariabilité (Il s'agit, en fait, d'une normalisation progressive) des règles de procédures et de l'information utilisée pour résoudre un type de problème donné. Au début, le traitement de l'information se fait donc de façon très consciente et requiert beaucoup d'attention. À mesure que la tâche s'automatise, la quantité d'attention requise diminue laissant la capacité cognitive d'autant plus disponible pour d'autres tâches (Ashcraft, M.H. 1989 et Fisk, A.D. 1989).

Les trois éléments qui influencent la capacité d'un individu à résoudre un problème sont la vitesse d'accès aux informations pertinentes dans la mémoire à long terme, la qualité de la connaissance conceptuelle du sujet, et la connaissance des heuristiques appropriées. En général, les difficultés rencontrées par le novice à régler un problème découlent davantage d'un manque de connaissances- il ne peut faire les bonnes inférences- que d'une mauvaise utilisation des heuristiques (Glaser, R. 1984). La maîtrise d'éléments métacognitifs comme la connaissance précise des limites de nos compétences, la possibilité de faire des prédictions fiables et la capacité de planifier efficacement le travail à faire en utilisant les bonnes ressources cognitives semblent avoir un effet limité sur les performances quand le domaine spécifique est bien maîtrisé. On pourrait l'expliquer ainsi : il est facile de faire appel à des schémas spécifiques quand un sujet est bien maîtrisé, mais les éléments métacognitifs prennent beaucoup plus d'importance dans un contexte de nouveauté. Le novice et l'expert ne se distinguent pas d'abord par la quantité de leurs connaissances, mais bien par leur capacité à retrouver et à intégrer rapidement ces connaissances (Glaser, R. 1984, Kozma, R.B. 1991 et Tennyson, R.D. 1988).

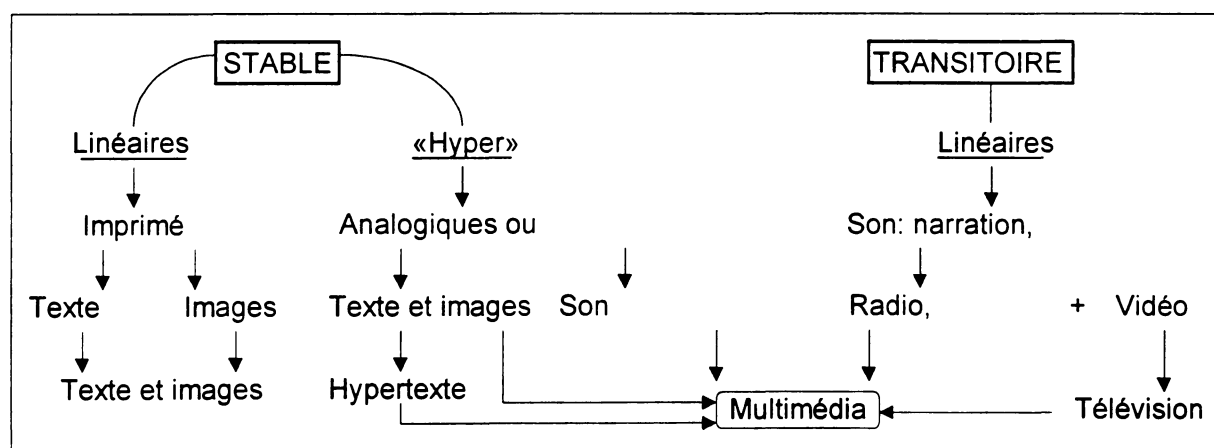
### Systèmes de code et compétences

Quand un nouveau système de symbole est internalisé, il fournit une nouvelle façon de traiter l'information présentée (Salomon, G. 1979a). Avec le temps et la pratique, un des éléments du nouveau système, un élément qui permet de remplacer une opération mentale (faire des liens, traiter l'information, surligner les points essentiels...), finit par être intégré par l'utilisateur et pourra par la suite faire partie de ses outils cognitifs. Le traitement des informations dépend, entre autres, du système de code utilisé et des compétences mentales de l'étudiant. L'apprentissage est optimal si les compétences de l'étudiant correspondent à la tâche demandée et si le système de code utilisé pour transmettre le message est pertinent. Si, par exemple, la tâche suppose une comparaison analytique et le message est iconique, il peut y avoir ralentissement de l'apprentissage. Plus les connaissances d'un individu sur un sujet sont importantes, moins le système symbolique d'un nouveau message à intégrer n'a d'importance. Quand un message codé selon un système symbolique particulier doit s'intégrer à une base de connaissance importante, l'expert peut facilement générer un système symbolique interne isomorphe, ce qui permet un apprentissage rapide et efficace. Chez les novices, les éléments d'un système de codage permettant de court-circuiter l'obligation de générer de nouveaux systèmes internes de représentation peuvent faciliter l'apprentissage (Salomon, G. 1979a).

Ainsi, quand une illustration apporte une information redondante par rapport au texte, l'apprentissage est généralement facilité surtout chez les étudiants qui ont des difficultés de lecture. Par contre, en l'absence de relation entre le texte et les images, le bénéfice est nul. Les lecteurs lents ont donc tendance à retenir beaucoup plus d'information à partir des images que du texte tandis que les lecteurs efficaces retiennent généralement l'information des deux modes de présentation, l'image servant alors à améliorer leur compréhension du texte. L'information linguistique peut donc être suffisante pour ceux qui ont déjà une bonne connaissance du domaine étudié, mais l'image permettra aux novices d'obtenir des informations contextuelles importantes qui faciliteront grandement l'apprentissage (Kozma, R.B. 1991, Levie, W.H. 1982 et Salomon, G. 1979a, Najjar, L.J. 1996).

Un média transitoire ou dynamique comme la télévision ne respecte pas les capacités cognitives de l'apprenant comme peut le permettre le texte imprimé, par exemple. Par contre, le caractère éphémère du message peut favoriser la construction de modèles mentaux plus dynamiques. Un média plus stable ou "dynamique ralenti" sera préférable pour les novices tandis qu'un expert aura souvent les compétences cognitives suffisantes pour utiliser un média transitoire. L'utilisation de média non linéaires oblige l'utilisateur à prendre des décisions sur l'importance relative de l'information disponible et sur l'ordre de présentation. Ceci peut être un avantage pour l'expert, mais un grave handicap pour le novice (Kozma, R.B. 1991).

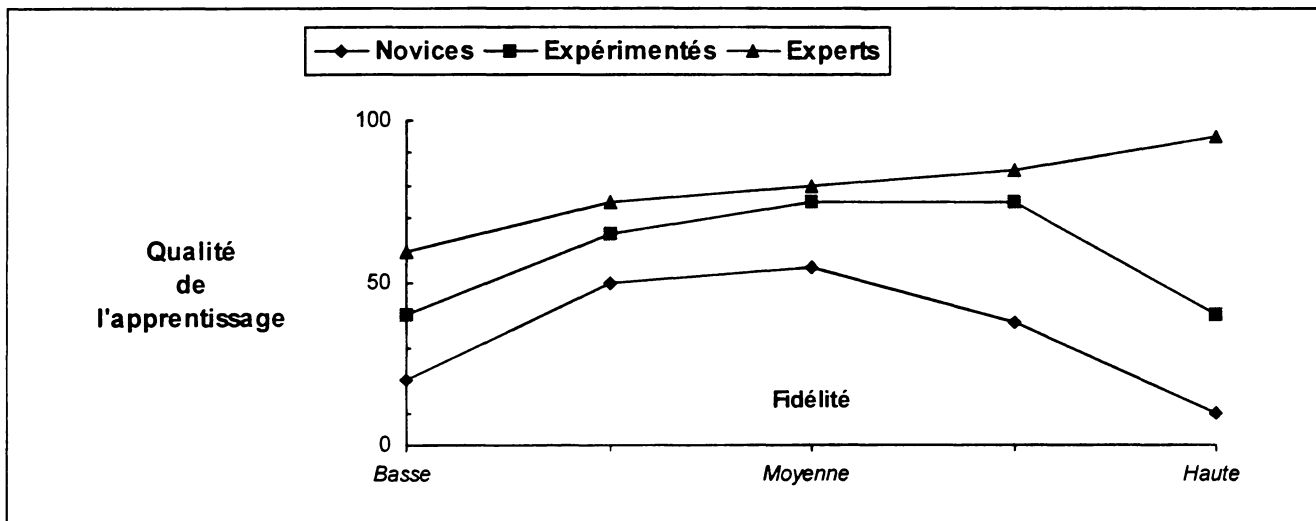
Figure 7 : Média classés selon leurs caractéristiques cognitives (Kozma, R.B. 1991)



## Fidélité du message, support et rétroactions

Les techniques éprouvées pour l'apprentissage initial tendent à privilégier une fidélité relativement faible pour ne pas surcharger la mémoire et les autres habiletés cognitives de l'étudiant avec des messages trop complexes. Au début, une personne apprend plus vite si les détails non essentiels du monde réel sont omis. Une trop grande fidélité peut confondre le novice, car les messages présentés sont alors trop complexes (Alessi, S.M. 1988, Chechile, R.A. 1986, Doerner, D. 1980, Shih, Y. F. 1996).

Figure 8: Relation entre la fidélité des messages présentés et l'apprentissage (Alessi, 1988)



À mesure que les compétences de l'étudiant augmentent, la fidélité des messages présentés doit augmenter en parallèle. Il est donc important de choisir un degré de fidélité adapté aux compétences de l'étudiant pour éviter l'ennui ou la surcharge cognitive (Alessi, S.M. 1988, Reigeluth, C.M. et Schawrtz, E. 1989). Cependant, plus les connaissances à transmettre sont concrètes, plus le message doit coller à la réalité. Dans ce cas, les faits, les procédures et le contexte sont connus et l'étudiant n'a pas à les inventer, il doit simplement les apprendre et savoir comment et quand les utiliser (Tennyson, R.D. 1984).

Une des caractéristiques de l'étudiant qui influencera le plus le choix de la stratégie d'enseignement est la quantité d'encadrement requise par cet étudiant (degré de compétence). Plus la matière est perçue comme difficile par l'étudiant, plus il lui d'encadrement (Reigeluth, C.M. 1992). Dans un SAMI, les rétroactions peuvent être absentes, artificielles ou naturelles.

En général, les rétroactions naturelles sont immédiates (avertissement, félicitations...). Les rétroactions artificielles sont le plus souvent différées et représentent la conséquence des actes posés. Plus l'étudiant connaît la matière, plus les rétroactions doivent être naturelles (Alessi, S.M. 1985).

### Enfants et adultes

Les étudiants adultes préfèrent l'organisation logique et les enfants, l'organisation chronologique (Schramm, W. 1972). Les images mentales que l'on se fait au cours d'une lecture nous aident à mémoriser le texte. Les jeunes enfants n'ont souvent pas suffisamment de connaissances générales pour pouvoir générer des images mentales efficaces. Plus que les adultes encore, ils bénéficient de l'image dans le texte. Si le lecteur connaît bien le sujet présenté, il est préférable de placer les images au début du texte. Le lecteur y référera alors au besoin. Pour le novice, les images doivent être plus nombreuses et placées près du texte qui les explique (Kozma, R.B. 1991, Najjar, L.J., 1996).

Les jeunes enfants encodent plus d'aspects non sémantiques d'un stimuli, et les enfants plus âgés favorisent le sens au détriment de la forme du message. En outre, les jeunes enfants n'ont pas tendance à essayer d'intégrer l'information présentée sur différents canaux. Ils sont donc moins sensibles à la discordance entre les canaux que les enfants plus âgés. Les distorsions causées par les interférences entre les canaux augmentent donc avec la maturité de l'enfant (Hoffner, C. 1989). On peut raisonnablement supposer que ces différences entre les enfants et les étudiants se retrouvent chez les novices par rapport aux experts ?

Les enfants regardent généralement la télévision superficiellement, mais leur attention visuelle est périodiquement "réveillée" par certain type de signaux. Une voix féminine, enfantine ou bizarre, des rires, des effets sonores ou la modification du signal auditif, des mouvements, tous sont des stimuli qui attirent l'attention visuelle des enfants. Les effets visuels, le mouvement continu et les plans panoramiques suscitent, eux, une attention visuelle soutenue. Par contre, la voix masculine, les zooms lents et l'immobilisme entraînent souvent une perte de concentration (Kozma, R.B. 1991).

## Les styles cognitifs

On peut définir le style cognitif d'un individu comme sa façon préférée d'appréhender les problèmes qui lui sont soumis. Contrairement aux différences d'aptitude, qui réfèrent aux niveaux de performance, les styles cognitifs décrivent la façon de penser, de se souvenir et de résoudre des problèmes d'une personne. Le style cognitif décrit donc les préférences individuelles de chacun pour traiter l'information (Chinién, C.A. 1993).

Pour tous les modèles de style cognitif, il convient d'être prudent et de ne pas se laisser tenter par une "catégorisation" simpliste des individus. Ces modèles doivent plutôt servir de cadre de référence permettant l'observation et la réflexion (Brabant, M. 1995).

Il a été démontré que le choix d'un domaine d'étude est souvent influencé par le style cognitif de l'étudiant et que, plus ce domaine d'étude est compatible avec le style cognitif de l'étudiant, meilleur sont ses résultats académiques. De plus, on sait maintenant que, plus le niveau d'instruction augmente, plus il devient important de respecter le style cognitif de l'apprenant pour que l'apprentissage se fasse correctement (Liu, M 1994, Witkin, H.A. 1977).

Des milliers de travaux de recherche ont été publiés sur les différents styles cognitifs des étudiants. On peut en conclure que la classification "dépendance/indépendance de champ" est la pertinente en éducation. On peut définir la composante "dépendance/indépendance de champ" comme la tendance physiologique d'un individu à percevoir l'information de façon globale (dépendance) ou analytique (indépendance) (Wallace, S.Q. 1985, Witkin, H.A. 1977).

Plusieurs études ont montré que les étudiants dépendants de champ sont plus sociables que les indépendants. Ils sont aussi plus influençables et préfèrent travailler en équipe. Les étudiants indépendants de champ ont tendance à résoudre les problèmes qui leur sont soumis plus vite et de façon plus analytique que les autres. Ils sont aussi moins sensibles aux critiques de leur entourage (Chinién, C.A. 1993, Witkin, H.A. 1977).

Il est intéressant de le souligner : plusieurs études ont montré que les filles ont tendance à être plus dépendantes de champ que les garçons (Rollock, D. 1992).

Les étudiants utilisent les divers types de messages disponibles dans un SAMI de façon différente selon leur style cognitif. En général, les étudiants dépendants de champ ont tendance à avoir une approche de "spectateur" et utilisent plus les messages vidéo et l'aide en ligne alors que les étudiants indépendants de champ utilisent moins l'index pour se retrouver dans le

système. Ils semblent plus à l'aise que les dépendants de champ avec l'information présentée sous forme d'hypertexte. (Liu, M 1994, Meng, K. 1991).

Même si les étudiants de styles cognitifs différents utilisent des stratégies d'apprentissage distinctes, les résultats aux post-tests ne seront pas forcément différents chez les deux groupes si le SAMI a été structuré de façon à permettre la modélisation des apprenants. Les SAMI peuvent donc permettre un enseignement individualisé efficace s'ils tiennent compte des différences de style cognitif (Liu, M 1994). Dans le cas contraire, on risque de biaiser le système et d'en affaiblir l'efficacité pour une partie des utilisateurs. Le manque de correspondance entre le style cognitif d'un étudiant et le système d'apprentissage utilisé pourrait fort bien rendre compte de plusieurs des problèmes rencontrés par certains étudiants avec certains types de système d'apprentissage (Chinien, C.A. 1993).

La dimension de la dépendance de champ du style cognitif est donc un des aspects importants de la différence individuelle entre les étudiants au regard de leur façon d'apprendre. Il est donc crucial d'en tenir compte dans le design de système de formation, surtout si on vise une modélisation efficace des utilisateurs du système. (Chinien, C.A. 1993).

Plusieurs études ont démontré la validité du test des figures cachées comme instrument de mesure de la dimension "dépendance/indépendance de champ". (Witkin, H.A. 1977). On se référera au chapitre sur la méthodologie de recherche pour plus de détails.

### ***Formulation de principes de design issus de la revue de écrits***

À la lumière des écrits révisés dans les chapitres précédents, il est maintenant possible de suggérer des principes de design favorables à l'intégration plus harmonieuse des différents médias dans les SAMI.

Comme pour la revue des écrits dans le chapitre précédent, les principes de design suggérés ont été classés en quatre groupes distincts mais connexes. Nous y présentons une brève mise en contexte ainsi que les références qui ont servi de base théorique à chacun des principes.

#### **Principes pour favoriser la mémorisation**

Un design idéal doit tenter de minimiser la transmédiation pour permettre à l'étudiant de mémoriser l'information avec le moins de perte possible (Tennyson, R.D. 1984).

**Principe #1:** Identifier le(s) canal(aux) qui sert(vent) normalement à percevoir l'information à médiatiser. Utiliser ce(s) mode(s) de présentation dans le SAMI.

Moins il y aura de différence entre la façon de présenter une information et le type de représentation mentale que s'en fait un individu, meilleurs seront le codage et la mémorisation de cette information (Salomon, G. 1979a).

**Principe #2:** Déterminer le type de représentation mentale que se fait l'étudiant de l'information à médiatiser et utiliser le(s) mode(s) correspondant(s).

L'information stockée dans la mémoire à long terme n'est pas oubliée, mais plutôt éventuellement perdue dans la mémoire. Par conséquent, plus une information sera distincte des autres ou comprendra des éléments non sémantiques reconnaissables et spécifiques, plus longtemps elle sera retrouvée avec facilité (Ashcraft, M.H. 1989).

**Principe #3:** Rendre distincts les éléments essentiels d'une information grâce à l'ajout d'éléments non sémantiques spécifiques.

Dans des situations variées, la verbalisation de l'information améliore la mémorisation (Lieury, A. 1992).

**Principe #4:** Demander à l'utilisateur de verbaliser les informations essentielles, peu importe leur mode de présentation. Si possible, utiliser la voix comme outil d'entrée de données (reconnaissance vocale). Cette vocalisation facilite la mémorisation.

Dans une présentation audiovisuelle, les messages auditifs favorisent la mémoire à moyen terme et les messages visuels, la mémoire à long terme (Hanson, L. 1989, Hapeshi, K. 1992 et Nugent, C.G. 1982) :

**Principe #5 :** Utiliser les messages linguistiques sonores pour les informations qui seront mises à profit rapidement, et privilégier le canal visuel pour les informations à mémoriser à plus long terme.

Plus il y a de codes associés à un élément (théorie de la redondance des codes), plus il y a de repères non sémantiques pour la recherche ultérieure en mémoire (Stillman, J. 1993).

**Principe #6 :** Quand c'est possible, associer plusieurs systèmes de codes à un message important pour favoriser sa mémorisation.



## Principes pour les systèmes auditif et visuel

### Principes pour les images soniques et les messages linguistiques audio

Le son est multidirectionnel et donc particulièrement efficace pour transmettre l'information urgente puisqu'il peut attirer rapidement l'attention de l'utilisateur peu importe la direction du champ visuel de celui-ci (Tucker, P. 1991).

***Principe #7:** Utiliser le canal auditif pour transmettre l'information urgente qui servira à mettre le système cognitif en alerte.*

Un message sonore non pertinent ou devenu inutile peut vite devenir très agaçant à entendre (Tucker, P. 1991).

***Principe #8:** Toujours permettre à l'utilisateur de désactiver un message sonore dont il juge ne plus avoir besoin. Toujours lui permettre de réactiver ce message à volonté.*

L'utilisateur doit pouvoir s'habituer à la voix et au style de narration avant qu'un message important ne soit diffusé. Un élément de nouveauté ou de surprise peut entraîner une perte d'information plus ou moins importante (Tucker, P. 1991).

***Principe #9:** Toujours présenter un peu d'information narrative superflue, par exemple au moment de la présentation du SAMI, pour permettre à l'utilisateur de régler le volume du système et de s'habituer à la voix.*

La musique de fond mal utilisée n'offre pas d'avantage dans un système multimédia (Schramm, W. 1972 et Hapeshi, K. 1992) et le bruit de fond interfère avec la mémorisation de l'information (Schramm, W. 1972, Rabbit, P.M.A. 1968 et Salamé, P. 1982).

***Principe #10:** Favoriser un environnement de travail silencieux et éviter les signaux sonores non pertinents et la musique de fond non essentielle surtout si elle est vocale.*

Le système cognitif humain semble avoir un biais pour la cohérence et les faits agréables. La musique de fond peut donc être utile dans certaines situations pour influencer l'humeur de l'auditeur (Boltz, M. 1991 et Lang, A. 1993).

***Principe #11:** Réserver la musique de fond aux sections où il est possible soit d'influencer positivement l'humeur de l'auditeur avec de la musique congruente avec l'ambiance de*

*l'information présentée, soit de rendre une information importante distincte des autres grâce à une bande sonore originale.*

Le mode audiolinguistique est particulièrement efficace quand il s'agit d'encoder et de se souvenir d'éléments sériels comme des listes de mots (Watkins, M.J. 1992); le texte permet de traiter des informations plus complexes (Hapeshi, K. 1992).

***Principe #12:** Utiliser la narration pour les courtes listes d'éléments simples à mémoriser. Pour les listes plus longues ou les messages plus complexes, utiliser le texte. Dans ce cas, un court résumé narratif peut s'avérer utile.*

### Principes pour les images iconiques et les messages linguistique écrits

Le texte permet la présentation de messages longs et complexes qui contiennent des termes difficiles ou nouveaux et doivent être revus souvent pour être compris (Tucker, P. 1991).

***Principe #13:** Réserver le texte aux passages difficiles qui contiennent des termes ou des concepts nouveaux ou particulièrement complexes.*

C'est par l'image visuelle que l'on perçoit normalement les éléments spatiaux d'une information (Tucker, P. 1991).

***Principe #14:** Toujours utiliser l'image visuelle (fixe ou animée) pour présenter la composante spatiale d'un message.*

C'est le temps de fixation consacré à une image qui détermine la qualité de sa mémorisation. Les images jugées importantes contiennent plus d'éléments picturaux pertinents et reçoivent plus de fixations oculaires (Loftus, G. 1972).

***Principe #15:** Les images qui contiennent beaucoup d'information pertinente doivent demeurer assez longtemps à l'écran pour permettre leur encodage.*

Les séquences vidéo sont surtout efficaces pour raconter des histoires et permettre à l'utilisateur d'être " présent " à un endroit où il ne pourrait normalement pas être (Ward, M.C. 1992).

***Principe #16:** Utiliser des séquences vidéo particulièrement quand celles-ci permettent à l'étudiant d'assister à des scènes techniquement difficiles à voir ou à vivre en réalité.*

Un enseignement qui encourage l'étudiant à utiliser l'imagerie mentale permet d'améliorer sensiblement l'apprentissage (Tracy, R.J. 1988).

***Principe #17:** Demander périodiquement à l'étudiant de tenter de visualiser le message qui vient de lui être présenté.*

## Principes pour l'intégration des messages bimodaux

On doit éviter la présentation simultanée de messages sonores et visuels si le message visuel doit être codé sous une forme verbale (Hapeshi, K. 1992).

***Principe #18:** Déterminer si l'image présentée doit être traduite en phonèmes pour être traitée. Si c'est le cas, éviter la présentation simultanée de messages sonores et visuels.*

L'alternance entre les modes de présentation permet de particulariser les messages et de diminuer l'interférence simple ou rétro/proactive (Dean, R.S. 1983, Hapeshi, K. 1992 et Toms, M. 1994).

***Principe #19:** Si plusieurs éléments doivent être mémorisés dans une même session de travail, alterner les modes de présentation pour diminuer l'interférence sur le même canal et maintenir le plus possible l'indépendance des messages sonores et visuels.*

***Principe #20:** Si le sujet présenté est déjà connu de l'étudiant, utiliser un nouveau mode de présentation pour diminuer l'interférence rétro/proactive.*

Quand les messages sonores et visuels correspondent, le plus gros de l'attention sert à traiter l'information linguistique et le reste, à y intégrer les informations visuelles (Grimes, T. 1990). L'étudiant est généralement prêt à investir plus d'effort mental dans les sections d'une leçon qu'il perçoit essentielles surtout si la correspondance audiovisuelle est forte (Cennamo, K.S. 1993).

***Principe #21:** Dans les sections où l'audiovisuel est utilisé, faire correspondre les messages sur les deux canaux.*

L'image peut souvent servir à fournir de l'information "extralinguistique" difficilement exprimable en mots (Levie, W.H. 1982, Kozma, R.B. 1991 et Tennyson, R.D. 1984).

***Principe #22:** Si le message à médiatiser contient des éléments non linguistiques ou difficilement traduisibles en phonèmes, utiliser la présentation visuelle comme première source d'information.*

Pour être efficace, le message parlé doit être court et traiter essentiellement des faits saillants. Il est en outre prudent d'inclure ces informations importantes dans des phrases redondantes

pour assurer une meilleure stabilité de l'essentiel du message à transmettre (Hapeshi, K. 1992 et Tucker, P. 1991). De plus, contrairement à la vision, l'audition n'est pas assujettie à l'orientation spatiale de l'auditeur. L'apprenant peut donc effectuer d'autres types d'activité tout en écoutant un message sonore (Hapeshi, K. 1992).

***Principe #23:** Utiliser des messages linguistiques sonores courts, mais redondants, particulièrement pour donner des directives ou des informations ponctuelles.*

En général, une certaine uniformité ou cohérence doit être maintenue quant au mode des messages utilisés (Tucker, P. 1991).

***Principe #24:** Ne pas utiliser un mode quand un autre est anticipé à moins qu'un effet de particularisation du message ne soit recherché.*

Dans une présentation audiovisuelle, la mémorisation des informations présentées sur les deux canaux est optimale à court et moyen terme quand le canal auditif est sollicité immédiatement ou peu après le canal visuel. Ceci s'expliquerait par la dominance du canal visuel qui doit être sollicité en premier pour ensuite laisser la place au canal auditif. Si le canal auditif est sollicité en premier il est ignoré dès que le canal visuel entre en jeu, ce qui entraîne de la confusion et de la perte d'information (Baggett, P. 1984 et Kozma, R.B. 1991).

***Principe #25:** Ne jamais présenter l'information linguistique avant l'image qui l'accompagne.*

De nombreuses études ont démontré la supériorité de l'image sur le message linguistique, particulièrement la narration, pour la reconnaissance ultérieure d'information surtout s'il s'agit de la représentation des étapes d'une action (Lieury, A. 1992).

***Principe #26:** Utiliser une présentation visuelle imagée si l'objectif de la leçon est de permettre la reconnaissance ultérieure d'éléments déjà présentés.*

***Principe #27:** Utiliser l'image ou des séquences animées si l'action doit être mémorisée.*

Lors de la médiatisation d'un contenu, il est important de tenir compte du pouvoir de génération d'images mentales des informations transmises (Tennyson, R.D. 1984).

***Principe #28 :** Si un message linguistique peut facilement générer des images mentales (poésie, littérature...), ne pas ajouter de message imagé. À l'inverse, présenter des images si le sujet traité évoque difficilement l'imagerie mentale (physique, chimie...).*

## Principes relatifs au niveau de compétence de l'apprenant

Chez un individu, plus un sujet est connu, moins le système symbolique d'un nouveau message à intégrer a d'importance (Kozma, R.B. 1991, Levie, W.H. 1982 et Salomon, G. 1979a). Un média plus stable ou "dynamique ralenti" est donc préférable pour les novices alors qu'un expert a souvent les compétences cognitives pour utiliser un média transitoire (Kozma, R.B. 1991).

***Principe #29 :** Utiliser plus de texte et d'images fixes ou de ralentis avec le novice et plus de narration et de séquences vidéo réalistes avec l'expert.*

L'utilisation de média non linéaires oblige l'utilisateur à prendre des décisions sur l'importance relative de l'information disponible et sur l'ordre de présentation (Kozma, R.B. 1991 et Smith, P.E. 1989).

***Principe #30:** Favoriser les médias non linéaires avec les experts. Avec les novices, bien baliser le cheminement et fournir une aide contextuelle détaillée.*

Une trop grande fidélité entre l'objet et le message peut amener de la confusion chez le novice en raison de la trop grande complexité des messages présentés, mais à mesure que les compétences de l'étudiant augmentent, on peut accentuer la fidélité des messages présentés (Alessi, S.M. 1988 et Reigeluth, C.M. et Schawrtz, E. 1989).

***Principe #31 :** Choisir un degré de fidélité du message présenté adapté aux compétences de l'étudiant pour éviter l'ennui ou la surcharge cognitive.*

Les étudiants préfèrent, dans l'ordre : les rétrocontrôles auditifs non verbaux immédiats, les rétrocontrôles visuels terminaux et, finalement, les rétrocontrôles auditifs verbaux immédiats (Jones, D.M. 1989). Plus l'étudiant connaît la matière, plus le rétrocontrôle doit être naturel (Alessi, S.M. 1985).

***Principe #32:** Favoriser les rétrocontrôles auditifs non verbaux et concurrents à la tâche pour les apprentissages initiaux, et les rétrocontrôles retardés et naturels pour les apprentissages terminaux.*

Ces principes formulés, il est maintenant possible de présenter la structure générale de la méthodologie de recherche de notre travail et de l'instrumentation mis au point.

## **Questions de recherche**

Les questions de recherche qui ont guidé notre travail peuvent être formulées comme suit :

1. Est-il possible de mettre au point une méthodologie de recherche et une instrumentation originales qui emploient des formulaires de saisie de données automatisés et efficaces permettant un archivage rapide et un pré-traitement des données recueillies.
2. Quelles sont les différentes variables “ utilisateurs ” de la population observée face à ce type de système d'apprentissage ?
3. Est-il possible, à l'aide de cette instrumentation et du simulateur Anémie virtuelle de tester les principes de design suggérés ?

## MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

L'approche qualitative permet de saisir la réalité telle que la vivent les sujets observés. Cette méthodologie de recherche est particulièrement utile pour explorer ou décrire des phénomènes complexes ou nouveaux se produisant dans un contexte naturel ou normal et avec les acteurs habituels (Poisson, Y. 1983, Marshall, C. 1989).

L'objectif principal de notre travail de recherche était de mettre au point un nouvel outil pédagogique pour pouvoir ensuite valider certaines règles de design ayant servi à sa structuration et voir comment des étudiants utilisaient ce SAMI. Une méthodologie de recherche qualitative nous semblait donc toute indiquée pour analyser les résultats obtenus avec ce travail.

L'évaluation d'un SAMI en cours de production est un des éléments clés du processus de mise au point d'un système performant. Cette évaluation formative prend la forme de questionnaires, d'observations et de discussions avec des utilisateurs du prototype (Reeves, T.C. 1990).

***Voir l'hyperthèse pour le détail de la méthodologie de recherche***

### ***Analyse des principes de design***

Pour les besoins d'analyse et de présentation, les principes de design suggérés dans notre étude ont été classés en quatre groupes distincts et interdépendants :

- La mémorisation
- Les systèmes auditif et visuel
- L'intégration des messages bimodaux
- Niveau de compétence de l'apprenant

Sur les 32 principes de design suggérés (voir le chapitre sur le contexte théorique), 19 ont été mis à l'essai dans le simulateur *Anémie virtuelle*. Les principes qui n'ont pas été testés dans notre étude ne seront pas mentionnés dans cette section.

## Formulaires informatisés de saisie de données

L'objectif des formulaires informatisés était de permettre une saisie rapide et avec un minimum d'intrusions (*saisie non invasive*) des données spécifiques qui devaient servir à tester nos principes de design. Les formulaires assuraient aussi l'encodage automatique et le traitement préliminaire des données recueillies et archivées dans la banque de données non structurée. Selon les principes de design à tester, ces formulaires étaient pré-programmés pour apparaître au moment voulu dans les simulations. Les étudiants étaient prévenus de la présence de ces formulaires et savaient qu'ils devaient les compléter rapidement avant de continuer à résoudre le cas lorsqu'ils apparaissaient. Pour éviter la confusion avec d'autres éléments de l'interface du simulateur, les formulaires étaient identifiés par deux triangles jaunes avec, à l'intérieur, un point d'exclamation rouge. Pour remplir le formulaire, les étudiants devaient généralement cliquer sur un bouton pour faire un choix. Quelques phrases apparaissaient alors sous les boutons de choix et les étudiants devaient cliquer sur le ou les mots bleus (**en gras dans le graphique ci-dessus**) qui justifiaient ou qualifiaient le mieux leurs choix. Ils pouvaient finalement ajouter au besoin des commentaires complémentaires. Ils cliquaient ensuite sur le bouton "OK" pour fermer le formulaire. Les données étaient alors automatiquement encodées et archivées et les étudiants pouvaient poursuivre leur travail. Pour ne pas interférer avec le travail des étudiants, le temps requis pour remplir les formulaires et les faire disparaître ne devait pas dépasser quelques secondes.

Figure 9 : Exemple de formulaire de saisie de données informatisé

The diagram shows a rectangular window representing a data entry form. At the top, there are two buttons: "Arrêter la musique" on the left and "Laisser la musique" on the right. Below these buttons is a large rectangular area containing a warning icon (a triangle with an exclamation mark) on both the left and right sides. The text "Pourquoi laisser la musique" is centered between the icons. Below this title, there are three lines of text, each with a word in bold: "J'aime ce genre de musique", "La musique met de l'ambiance", and "Ça me détend". Below these three lines is the text "Autres commentaires" followed by a rectangular box with three horizontal dotted lines for input. To the right of this box is the text "OK".



Dans l'exemple de la figure précédente, les étudiants devaient décider s'ils laissaient la musique de fond pendant la session de travail ou s'ils l'arrêtaient. Ils devaient ensuite justifier leur choix et fermer le formulaire.

Figure 10: Icône identifiant les formulaires



Un formulaire différent a été mis au point pour chaque principe de design testé.

### ***Les investissements dans le simulateur***

À la suite de la compilation des résultats obtenus tant avec la grille d'évaluation que dans les entrevues et les formulaires informatisés, plusieurs corrections ont été apportées au SAMI pour remédier aux lacunes soulevées et ainsi améliorer le système. Voici la liste des principales améliorations suggérées et de celles qui ont été apportées à la version finale de *Anémie virtuelle*.

**Tableau 2 : Améliorations apportées à "Anémie virtuelle"**

	<i>Fait ?</i>
Permettre une révision plus courte de la présentation au deuxième passage.	oui
Mettre le titre de toutes les pages en bleu dans le dossier pour faciliter la compréhension de la métaphore des piles de feuilles.	oui
Permettre l'arrêt des messages sonores avec la touche <i>Esc</i> .	oui
Supprimer les passages obligés dans l'examen clinique.	oui
Insérer les questions entre les différentes étapes plutôt qu'au milieu des sections pour éviter de nuire au travail des étudiants.	oui
Inclure une boîte à indice dans les services d'aide graduée pour permettre à l'étudiant de trouver ou retrouver le fil conducteur du cas de façon à pouvoir demander les analyses pertinentes.	non
Chaque fois qu'on présente des messages multimédia (son, image ou vidéo), offrir après un clip (?) normal puis donner le choix de voir l'interprétation du spécialiste.	oui
Modifier la couleur des zones sensibles du corps lorsque le curseur les survole afin de faciliter leur repérage	oui
Lors du premier passage, inclure un message sonore explicatif dans les résultats de laboratoire pour expliquer pourquoi cette section est vide : comme c'est la première visite, les résultats seront portés au dossier seulement une fois les analyses demandées.	oui
Élaguer dans l'information apparaissant à la page de l'hématologie : les boutons passent inaperçus ! Il serait plus efficace d'inclure une requête pour les messages importants.	oui
Expliquer davantage (présentation du système et de la section) l'importance de se limiter aux tests essentiels pour le moment.	oui
Fournir des indices à la demande permettrait de récupérer les étudiants " égarés ".	non
Présenter toute l'anamnèse en vidéo puis préciser que l'essentiel est porté au dossier pour consultation ultérieure. Permettre l'arrêt du vidéo à volonté (dans une scène avec des bouton de commande.	oui
Ne pas faire apparaître de requête au moment où l'étudiant est à analyser des résultats de laboratoire : c'est un facteur de perturbation.	oui
Comme dans le cas des narrations, permettre l'arrêt des séquences vidéo.	oui
Toujours présenter les images un peu avant les messages audio explicatifs.	oui
Narrer l'énoncé des questions en même temps que le texte est présenté à l'écran, car les étudiants ont tendance à lire très rapidement et à faire des erreurs par la suite.	non
Toujours offrir l'aide d'un spécialiste quand un message comprend des informations médicales sinon l'étudiant risque de perdre le fil du cas.	non
Toujours offrir les normales après les séquences vidéo au risque de voir l'étudiant novice très vite se perdre.	oui

S'assurer de ne jamais interrompre le travail d'étudiants en processus de résolution de problème. Éviter les questions inattendues.	oui
Pour bien faire comprendre le fonctionnement des demandes d'analyses de laboratoire au premier passage, inclure une animation avec les formulaires.	oui
Insérer les questions dans une section distincte de celle des boutons associés aux demandes de laboratoire. L'étudiant répondra aux questions quand il aura fini de regarder et d'interpréter les résultats de laboratoire.	oui
Rendre la présentation plus interactive.	non
Offrir la révision théorique AVANT de poser des questions.	oui

## DISCUSSION ET CONCLUSION

### *La problématique et les principes de design suggérés*

Notre problématique de recherche a été fortement inspirée par un article de Hapeshi (1992). On peut y lire, entre autres, que l'exploitation de l'indéniable potentiel pédagogique des SAMI passe par l'élaboration et le respect de règles ou de balises de design. L'auteur fait remarquer qu'une présentation multimédia permet de combiner les avantages respectifs des différents stimuli dans la mesure où on connaît les caractéristiques intrinsèques de chaque type de message ! Il soulignait l'abondance de la documentation sur l'apprentissage verbal et la mémorisation, mais la pauvreté des données sur l'efficacité respective des canaux perceptifs. Winn (1989) et Reigeluth (1989) abondaient dans le même sens et estimaient urgent de définir des règles de design qui permettraient aux concepteurs de SAMI de respecter les systèmes perceptifs et cognitifs des apprenants et, par conséquent, de vraiment tirer parti des nouvelles technologies d'information et de communication.

Nous avons donc proposé de travailler à la définition et à la validation d'un ensemble de règles de design qui permettraient de mieux exploiter les différents médias dans les SAMI. Pour mener à bien cette tâche, il fallait mettre au point un SAMI qui servirait de banc d'essai à nos principes, et concevoir une instrumentation originale de cueillette et d'analyse des données qui utilise, elle aussi, le plein potentiel des NTIC.

### *La méthodologie de recherche et les résultats obtenus*

Il existe trois principales techniques de récolte de données en recherche qualitative : l'observation, le questionnement et l'examen de matériel préparé par d'autres (Marshall, C. 1989, Wolcott, H.F. 1992).

Nous savions ce que nous recherchions, il fallait établir comment nous allions le trouver ! La revue des écrits nous a permis de formuler nos principes de design. Il fallait ensuite les tester sur le terrain. Nous avons donc postulé que la mise au point et l'évaluation d'un SAMI en cours de production, à l'aide de questionnaires, d'observations et de discussions avec des utilisateurs du prototype, nous permettraient d'atteindre nos objectifs de recherche. Il fallait aussi prendre

soin de ne pas interrompre les étudiants évaluateurs en pleine réflexion au risque de les voir perdre le fil de leurs idées et d'affecter alors leur motivation.

Notre méthodologie de recherche plaçait donc les étudiants en situation de résolution de problème et permettait de recueillir les données rapidement, de façon relativement automatisée et avec un minimum d'interférences pendant leur travail.

## L'instrumentation

### Les variables "utilisateurs "

Comme nous l'avons souligné dans la revue théorique des écrits, plusieurs caractéristiques des apprenants peuvent influencer significativement la façon dont ils abordent, utilisent et apprécient un SAMI. De plus, la qualité de l'apprentissage est largement tributaire de la quantité d'efforts fournie par l'étudiant, et cet effort dépend de différents facteurs comme le niveau de compétence, les aptitudes, le degré de motivation et l'attitude de chacun face à une tâche à réaliser. Ce sont là des éléments importants dont il faut absolument tenir compte dans le design et l'évaluation d'un SAMI (Liu, M 1994, Reeves, T.C. 1992, Salomon, G. 1983).

Il fallait donc d'abord mesurer ces paramètres chez nos étudiants évaluateurs puis voir si ces différentes variables avaient effectivement une influence significative sur nos principes de design. Ceci a été fait grâce à un questionnaire d'identification informatisé, un prétest et un test dit "des figures cachées".

Le questionnaire d'identification informatisé a permis de cerner rapidement les principales caractéristiques de nos étudiants quant à leurs antécédents et surtout à leur culture informatique. Nous avons ainsi pu démontrer une relative hétérogénéité du groupe autant du point de vue des antécédents académiques que des compétences avec les outils informatiques.

Le prétest a permis de mettre en lumière une très grande variabilité individuelle au regard des connaissances théoriques en hématologie.

Le style cognitif réfère aux préférences individuelles de chacun pour traiter l'information (Chinien, C.A. 1993). Nous savons que les étudiants utilisent les divers types de messages disponibles dans un SAMI de façon différente selon leur style cognitif. Nous avons déjà mentionné que le concept de dépendance de champ est une des dimensions importantes du style

cognitif qui permet d'expliquer ces différences individuelles. Il nous semblait donc important de tenir compte de cette variable dans notre expérimentation.

Curieusement, malgré l'hétérogénéité de nos étudiants à l'égard de plusieurs de leurs antécédents et compétences personnelles, les résultats obtenus au test des figures cachées étaient relativement homogènes. De plus, même si de nombreuses études ont montré que les filles ont tendance à être plus dépendantes de champ que les garçons (Rollock, D. 1992), nous n'avons pas observé cette différence.

Nous pourrions tenter d'expliquer ces résultats un peu surprenants par l'homogénéité des étudiants au regard de leur domaine d'étude. En effet, il a été démontré que le choix d'un domaine d'étude est souvent influencé par le style cognitif de l'étudiant (Liu, M 1994, Witkin, H.A. 1977) : les étudiants de médecine se caractériseraient donc par un biais cognitif vers l'indépendance de champ. Cela reste cependant à vérifier sur une plus grande échelle.

La mise à l'essai du simulateur et la validation de nos principes de design n'ont pas permis de faire ressortir une influence très significative de toutes ces variables. Les étudiants avaient tendance à réagir de façon relativement prévisible et homogène, autant dans leur façon de travailler que dans leur appréciation des éléments du système. Seule la compétence théorique individuelle entraînait des différences importantes : plus l'étudiant était à l'aise avec le contexte théorique, plus il semblait apprécier le SAMI, et mieux il s'en servait. Il pouvait alors se consacrer à la résolution de problème, et il estimait avoir des chances de réussir la tâche demandée. Comme l'apprentissage est optimal lorsque les compétences de l'étudiant correspondent à la tâche demandée, on comprend l'importance pour les utilisateurs de ce genre de simulateur, de posséder les préalables requis avant de tenter de résoudre les problèmes qui leur sont soumis.

### Les principes de design

Il est évident que la capacité humaine de traitement de l'information est relativement limitée particulièrement chez les novices.

Ce qui ressort le plus de la mise à l'essai du simulateur et de la validation de nos principes, c'est la prédilection de nos étudiants pour les messages écrits. En effet, partout où cela était possible,

la très grande majorité des étudiants ont opté pour le texte au détriment des messages audiolinguistiques.

On est en droit de se demander si, justement, un des objectifs de ce type de SAMI ne devrait pas être de permettre à ces étudiants novices de se sevrer plus rapidement de l'écrit pour pouvoir commencer à utiliser plus efficacement des médias plus instables, mais souvent plus appropriés au type d'information à transmettre ou à intégrer. On peut d'ailleurs penser que le stress de performance diminue avec l'acquisition des compétences procédurales et contextuelles relatives au sujet traité, permettant ainsi une meilleure acceptation et utilisation des messages audiolinguistiques.

Il est aussi important de le noter que, pour plusieurs étudiants, la présence simultanée de narration et de texte est acceptable et même parfois souhaitée dans la mesure où le texte et la narration sont parfaitement identiques et la vitesse de lecture, équivalente. Si ces deux variables ne sont pas respectées, le message sonore devient vite inopportun.

Il est aussi ressorti clairement que les séquences vidéo étaient très appréciées des étudiants particulièrement quand elles servaient à "raconter" des histoires qui permettent à l'utilisateur de se sentir présent dans une situation virtuelle et de se mettre ainsi en état réaliste de résolution de problème.

Les messages audiolinguistiques ont été particulièrement efficaces pour donner des directives aux étudiants. Cette observation est importante et elle devrait conduire à utiliser plus judicieusement ce mode de communication dans les SAMI. Il faut par contre faire attention à l'utilisation du canal audio : comme avec tous les systèmes d'alarme, un recours abusif ou inopportun peut vite devenir très agaçant.

### ***Les réponses à donner aux questions de recherche***

La méthodologie de recherche mise au point a permis de répondre aux questions de recherche présentées au début de ce travail.

En effet, à des fins de saisie rapide et automatisée des données ainsi que de traitement et de présentation de ces données, il a été possible de concevoir une série d'outils de recherche performants et originaux qui permettaient d'exploiter le plein potentiel des NTIC.

Ces outils nous ont permis de cerner les variables “utilisateurs” susceptibles d’influencer les résultats obtenus avec nos principes de design, puis de vérifier si ces variables avaient effectivement exercé une influence.

Finalement, le simulateur nous a permis de tester la plupart des principes de design que nous avons suggérés.

Il est important de noter que les formulaires de saisie de données utilisés dans notre recherche n’ont pas été formellement validés avant leur utilisation. Les résultats obtenus avec ces formulaires doivent donc être considérés plutôt comme des pistes de recherche que comme des conclusions définitives. Nous pouvons par contre supposer que la validation formelle de ces formulaires et leur utilisation selon la méthodologie de recherche proposée dans notre travail permettraient d’obtenir des résultats inférables à la population cible de cette étude.

### **Apports**

L’intérêt de cette recherche réside dans :

- 1) La production du simulateur *Anémie virtuelle*, un outil pédagogique évolué et complet, qui permet un auto-apprentissage de la démarche diagnostique en hématologie clinique. Cet outil permettra aux utilisateurs novices de se familiariser avec la démarche de résolution de problème clinique en médecine, et de commencer à intégrer les connaissances théoriques vues en classe;
- 2) La mise au point d’une méthodologie de collecte et d’analyse de données originale et performante. L’intérêt et la principale originalité de cette méthodologie est de permettre une saisie rapide et automatisée des données limitant l’interférence du système et du chercheur pendant les sessions de travail des étudiants évaluateurs. Ces derniers peuvent donc travailler avec le SAMI tout en répondant à chaud aux brèves questions qui leur sont posées. Il est ainsi possible d’aller chercher rapidement les informations désirées et de les traiter efficacement grâce à une utilisation optimale des outils informatiques disponibles;
- 3) La vérification d’un certain nombre de principes de design qui aideront les concepteurs de SAMI à produire des systèmes pédagogiquement plus efficaces.



## **Conclusion et pistes de recherche**

Il est évident que certains médias sont beaucoup mieux adaptés à certains types de messages (Salomon, G. 1979a). Il est donc important de poursuivre l'étude du rôle respectif des canaux auditif et visuel dans le système cognitif afin de pouvoir en prescrire l'utilisation efficace et pertinente dans les SAMI.

Comme l'a mentionné Salomon (1979a) il y a déjà plusieurs années, si ses capacités propres sont bien exploitées, chaque type de message et chaque média permet de répondre à des situations spécifiques au bénéfice de certains étudiants d'une part, d'accomplir certaines tâches et d'atteindre certains objectifs pédagogiques, d'autre part. Nous avons déjà dit qu'en règle générale, les caractéristiques intrinsèques d'un média influençaient considérablement certaines fonctions cognitives spécifiquement utiles à l'apprentissage d'une tâche déterminée. Comme chaque média biaise le contenu à sa façon, il est maintenant évident que certaines méthodes appellent un média particulier et que certains médias permettent une méthode spécifique. Il est donc important de poursuivre l'étude approfondie des attributs spécifiques de chaque média et de déterminer quel couplage médium-méthode donnera les meilleurs résultats pédagogiques dans le SAMI. Les principes de design suggérés et testés ici vont dans ce sens, mais beaucoup de questions demeurent encore sans réponse.

À la lecture des données de la littérature et des résultats obtenus dans notre recherche, il est évident que le niveau de compétence de l'étudiant par rapport à la tâche demandée est un des éléments dont il faut tenir compte dans le design pédagogique en général et dans le choix des médias en particulier si on veut produire des systèmes qui assurent le succès de l'étudiant.

Un autre point qui ressort de notre expérimentation est l'importance de faire comprendre à l'étudiant ce qu'on attend de lui et de le lui faire accepter. Dans le cas contraire, il s'adaptera au système plutôt que de se placer vraiment en situation de résolution de problème. Il faut donc viser une cohérence parfaite et un respect intégral de la culture des utilisateurs. Finalement, il est aussi crucial que les étudiants comprennent l'objectif et les limites du SAMI avant de commencer leur travail, sinon il y a un risque de frustration et de rejet du système. Dans le cas d'un simulateur, ils doivent comprendre qu'ils auront à acquérir des connaissances procédurales et contextuelles pour résoudre les cas.

On peut supposer que l'effet de nouveauté a contribué à rendre les étudiants moins critiques face au SAMI qui leur a été présenté. Cela a peut-être contribué à gommer les différences individuelles notées (variables "utilisateurs") et faire réagir ces étudiants de façon plus homogène. Il serait donc intéressant de refaire ce genre d'étude avec des utilisateurs habitués aux SAMI, de façon à faire ressortir ces différences individuelles, à tester plus précisément les principes de design, et donc, à évaluer réellement l'influence des différences individuelles sur l'appréciation et le potentiel des SAMI.

En conclusion, il serait évidemment intéressant de raffiner notre méthodologie de recherche pour en arriver à produire des grilles d'évaluation et des formulaires de saisie de données standardisés et surtout validés, qui permettraient d'obtenir des résultats fiables et inférables. Ces outils pourraient alors être utilisés de façon extensive en recherche en technologie éducative.

## BIBLIOGRAPHIE

- Alessi, S.M. (1988). Fidelity in the design of instructional simulations. *Journal of Computer-Based Instruction* 15 : 40-47.
- Alessi, S.M., Trollip, S.R. (1985). *Computer-based instruction: Methods and development*. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, .
- Ashcraft, M.H. (1989). *Human memory and cognition*. edited by Scott, Foresman and compagny, Glenview, Illinois. .
- Baddeley, A. D. (1994). *Les mémoires humaines*. *La Recherche* 267 : 730-735.
- Baddeley, A.D., Papagno, C., Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and language*, 27:586-595.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford, England : Oxford University Press.
- Baggett, P. (1984). Role of temporal overlap of visual and auditory material in forming dual media association. *Journal of Educational Psychology* 76 : 408-417.
- Bieger, G.R., Glock, M.D. (1986). Comprehending spatial and contextual information in picture-text instructions. *Journal of Experimental Education*, 54 :181-188.
- Bloom, B.S. (Ed.) (1956). *Taxonomy of educational objectives - The classification of educational goals - Handbook I : Cognitive domain*. New-York : McKay.
- Boltz, M., Schulkind, M., Kantra, S. (1991). Effects of background music on the remembering of filmed events. *Memory & cognition* 19 : 593-606.
- Bosco, J. (1986). An analysis of evaluations of interactive video. *Educational Technology*, 25 :7-16.
- Brabant, M. (1995). Le style d'apprentissage d'étudiants de la formation à l'enseignement *Revue des sciences de l'éducation*, 21: 503-517.
- Brien, R. (1992). *Le design pédagogique ; introduction à l'approche de Gagné et Briggs*. Les éditions Saint-Yves, Inc. Québec.
- Cartier, M. (1990). *Ergonomie de l'écran et de l'interactivité ; résumé de dix années de recherche*. Dossier sur le colloque Interface utilisateur, octobre 90, Montréal. Série, réseaux d'éveil sur les technologies de l'information. Ed. CAFI, Comité d'action pour le français en informatique.
- Cennamo, K.S. (1993). Learning from video : Factors influencing learner's preconceptions and invested mental effort. *ETR&D* 41 : 33-45.
- Cennamo, K.S., Savenye, W.C., Smith, P.L. (1991). Mental effort and video-based learning : The relationship of preconceptions and the effects of interactive and covert practice. *ETR&D* 39 : 5-16.
- Chechile, R.A., Fleischman, R.N., Sadoski, D.M. (1986). The effects of syntactic complexity on the human-computer interactions. *Human Factors*, 28 :11-22.
- Chinien, C.A., Boutin, F. (1993). Cognitive style FD/I: an important learner characteristic for educational technologists. *Journal of Educational Technology Systems*, 21:303-311.

- Clark, R.E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research* 53 :445-459.
- Clark, R.E. (1989). Current progress and future directions for research in instructional technology. *ETR&D* 37 :57-66.
- Clark, R.E., Salomon, G. (1986). Media in teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3<sup>rd</sup> ed.). New York : Macmillan .
- Conway, M.A., Gathercole, S.E. (1987). Modality and long-term memory. *Journal of Memory and language* 26 : 341-361.
- Cossette, C. (1983). *Les images démaquillées, approche scientifique de la communication par l'image*. Riguil International (Ed), 2<sup>ème</sup> édition, Québec, Canada, 640 pages .
- Dean, R.S., Garabedian A.A., Yekovich, R. (1983). The effect of modality shifts on proactive interference in long-term memory. *Contemporary Educational Psychology* 8 : 28-45.
- Denis, M., Colonelli, C. (1976). Mémorisation de dessins ou de noms selon le matériel utilisé lors de la reconnaissance. *L'année psychologique* 76 : ?.
- Doerner, D. (1980). On the difficulties peoples have in dealing with complexity. *Simulations & Games*, 11 : 87-106.
- Drew, D.G., Grimes, T. (1987). Audio-visual redundancy and TV news recall. *Communication Research* 14 : 452-461.
- Duchastel, P. (1991). Research directions for interactive information technologies. *Interactive Information Technologies* ? :1-7.
- Farah, M.J. (1988). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuro-physiology. *Psychological Review* 95 : 307-317.
- Fisk, A.D. (1989). Training consistent components of tasks: Developing and instructional system based on automatic/controlled processing principles. *Human Factors*, 31: 453-463.
- Fletcher, D. (1989). The effectiveness and the cost of interactive videodisc instruction. *Machine-Mediated Learning*, 3 :361-385.
- Gathercole, S.E., Conway, M.A. (1988). Exploring long-term modality effects : Vocalization leads to best retention. *Memory & cognition* 16 : 110-119.
- Giardina, M. (1992). L'interactivité dans un environnement d'apprentissage multimédisatisé. *Revue des sciences de l'éducation* 18 :43- 66.
- Glaser, R. (1984). Education and thinking : The role of knowledge. *American Psychologist* 39 :93-104.
- Glenberg, A.M., Swanson, N.G. (1986). A temporal distinctiveness theory of recency and modality effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 12: 3-15.
- Grimes, T. (1990). Audio-video correspondence and its role in attention and memory. *ETR&D* 38 :15-25.
- Hanson, L. (1989). Multichannel learning research applied to principles of television production : a review and synthesis of the litterature. *Educational Technology* 29 : 15-19.

- Hapeshi, K., Jones, D. (1992). Interactive multimedia for instruction : A cognitive analysis of the role of audition and vision. *International Journal of human-Computer Interaction* 4 : 79-99.
- Hayes, D.S., Kelly, S.B. and Mandel, M. (1986). Media differences in children's story synopses : Radio and television contrasted. *Journal of Educational Psychology* 8 :28-45.
- Hoffner, C., Cantor J., Thorson, E. (1989). Children's responses to conflicting auditory and visual features of a televised narrative. *Human Communication Research* 16 : 256-278.
- Huberman, A.M., Miles, M.B. (1991). *Analyse des données qualitatives : recueil de nouvelles méthodes*. Pédagogie en développement, De Boeck-Wesmael, Bruxelles, .
- Intraub, H., Hoffman, J.E. (1992). Reading and visual memory : Remembering scenes that were never seen. *The American journal of psychology* 105 : 101-114.
- Jacquinet, G. (1981). *On demande toujours des inventeurs*. Communications, Seuil, Paris : 5-24 .
- Jones, D.M., Hapeshi, K. (1989). Monitoring speech recognizer feedback during data entry from short-term memory : A working memory analysis. *International journal of human-computer interaction* 1 : 187-209.
- Khalili, A., Shashaani, L. (1994). The effectiveness of computer applications : A meta-analysis. *Journal of Research on Computing in Education*, 27 :48-61.
- Kozma, R.B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research* 61 :179-211.
- Kulik, C.C., Kulic, J.A., Shwalb, B.J. (1986). The effectiveness of computer-based adult education : A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 2 :235-252.
- Kulik, J.A., Kulic, C.C., Bangert-Drowns, R.L. (1985). Effectiveness of computer-based education in elementary schools. *Computers in Human Behavior*, 1 :59-74.
- Lang, A., Friestad, M. (1993). Emotion, Hemispheric Specialization, and Visual and Verbal Memory for Television Messages. *Communication research* 20 : 647-670.
- LeCompte, M.D., Preissle, J., Tesch, R. (1993). *Ethnography and qualitative design in educational research* (2nd ed.). Academic Press, New York, .
- Lehman, E.B., Mikesell, J.W., Doherty, S.C. (1985). Long-term retention of information about presentation modality by children and adults. *Memory & cognition* 13 : 21-28.
- Levie, W.H., Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations : a review of research. *Educational Communications and Technology Journal* 30 :195-232.
- Lieury, A. (1992). *La mémoire, résultats et théories*. Édition Pierre Mardaga, Liège, 4 ème édition. .
- Lindsay, P.H., Norman, D.A. (1980). *Traitement de l'information et comportement humain, une introduction à la psychologie*. Éditions Études vivantes. .
- Liu, M, Reed, W.M. (1994). The relationship between the learning strategies and learning styles in a hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 10: 419-434.
- Loftus, G.R., Ruthruff, E. (1994). A Theory of Visual Information Acquisition and Visual Memory with Special Application to Intensity-Duration Trade-Offs. *Journal of Experimental Psychology*, 20: 33.

- Loftus, G. (1972). Eye fixation and recognition memory for pictures. *Cognitive Psychology* 3 : 525-551.
- Logie, R.H. (1989). Characteristics of visual short-term memory. *European Journal of Cognitive psychology* 1 :275-284.
- Logie, R.H., Zucco, G.M., Baddeley, A.D. (1990). Interference with visual short-term memory. *Acta Psychologica* 75 : 55-74.
- Maki, R.H. (1990). Memory for script actions : Effects of relevance and detail expectancy. *Memory & cognition* 18 : 5-14.
- Marshall, C., Rossman, G.B. (1989). *Designing qualitative research*. Sage Publications, Beverly Hills., .
- Marton, P (1992). Pédagogie des images adaptée et efficace. *Rassegna di Pedagogia*, Giardini Ed. Piza, Italia. 1: 45-65.
- Marton, P. (1994). La conception pédagogique de systèmes d'apprentissage multimédia interactif : Fondements. Méthodologie et problématique. *Educatechnologiques*, 3: 91-111.
- Mayer, R.E., Anderson, R.B. (1991). Animations need narrations : An experimental test of the dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83 :484-490.
- Mayer, R.E., Anderson, R.B. (1992). The instructive animations : Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84 : 444-452.
- Meng, K., Patty, D. (1991). Field dependence and contextual organizers. *Journal of educational Research*, 84: 183-189.
- Miles, C., Madden, C., Jones, D.M. (1989). Cross-Modal, Auditory-Visual Stroop Interference : A Reply to Cowan and Barron(1987). *Perception and psychophysics* 45 : 77-81.
- Morris, N., Jones, D.M. (1990a). Memory updating in working memory : The role of the central executive. *British journal of psychology* 81 : 111-121.
- Morris, N., Jones, D.M. (1990b). Habituation to irrelevant speech : Effects on a visual short-term memory task. *Perception and psychophysics* 47 : 291-297.
- Murphy, L.A. (1993). DVI in organizational information retrieval and training. In *Multimedia for learning: development, application, evaluation*, Gayeski, D.M. (ed.), Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New jersey, pp 63-71.
- Najjar, L.J. (1996). Multimedia information and learning. *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5 :129-150.
- Nugent, C.G. (1982). Pictures, audio, and print : symbolic representation and effect on learning. *Educational Communications and Technology Journal* 30.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory : Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45, 255-287.
- Paivio, A., Csapo, K. (1973). Picture superiority in free recall : Imagery or dual coding ? *Cognitive Psychology*, 5 :176-206.

- Palmer, J. (1990). Attentional Limits on the Perception and Memory of Visual Information. *Journal of experimental psychology: human perce*, 16: 332.
- Palmiter, S., Elkerton, J. (1991). An evaluation of animated demonstrations for learning computer-based tasks. In S.P. Robertson, G.M. Olson, & J.S. Olson (Eds). *Chicago 1992 conference proceedings* (pp. 257-263). Reading, MA : Addison-Wesley.
- Park,I., Hannafin, M.J. (1993). Empirically-based guidelines for the design of interactive multimedia. *ETR&D* 41 : 63-85.
- Poisson, Y. (1983). L'approche qualitative et l'approche quantitative dans les recherches en éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, 9:369-380.
- Posner, M.I., Nissen, M.J. (1976). Visual dominance : An information processing account of its origins and significance. *Psychological Review* 83 : 157-171.
- Rabbit, P.M.A. (1968). Channel capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 20 : 241-248.
- Ranger, L.P. (1978). *Le manuel pour le test collectif des figures cachées (adaptation française)*. Institut de recherches psychologiques de Montréal.
- Reeves, T.C. (1990). Redirecting evaluation of interactive video : The case for complexity. *Studies in Educational Evaluation* 16 :115-131.
- Reeves, T.C. (1992). Evaluating interactive multimedia. *Educational Technology* 32 : 47-53.
- Reeves, T.C. (1993). Evaluating interactive multimedia. In *Multimedia for learning : development, application, evaluation*, Gayeski, D.M. (ed.), Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New jersey, pp 97-112 .
- Reigeluth C.M. (1989). Educational technology at the crossroads : New mindsets and new directions. *ETR&D* 37 :67-80.
- Reigeluth, C.M. (1992). *New directions for educational technology* edited by Eilen Scanlon, Tim O'Shea, NATO ASI Series F (Advanced Science Institute) vol. 96, Springer-Verlag, Berlin-New York .
- Reigeluth, C.M., Schwartz, E. (1989). An instructional theory for the desing of computer-based simulations. *Journal of Computer-Based Instruction* 16 :1-10.
- Robin, D. A., Rizzo, M. (1992). Orienting Attention in Audition and Between Audition and Vision : Young and Elderly Subjects. *Journal of speech and hearing research* 35 : 701-707.
- Rollins, H.A., Thibadeau, R. (1973). The effects of shadowing on recognition of information received visually. *Memory & cognition* 1 : 164-168.
- Rollock, D. (1992). Field dependence/independence and learning conditions: An exploratory study of style vs ability. *Perceptual and Motor Skills*, 74: 807-818.
- Romiszowski, A.J. (1986). *Developing auto-instructional materials : from programmed texts to CAL and interactive video*. Nichols publishing compagny, New York .
- Ross, S.M., Morrison, G.R. (1989). In search of a happy medium in instructional technology research : issues concerning external validity, media replications, and learner control. *ETR&D* 37 :19-33.

- Salamé, P., Baddeley, A.D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech : Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 21 : 150-164.
- Salamé, P., Baddeley, A.D. (1989). Effects of background music on phonological short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 41A :107-122.
- Salomon, G. (1979a). Media and symbol systems as related to cognition and learning. *Journal of Educational Psychology* 71 :131-148.
- Salomon, G. (1979b). Interaction of media, cognition, and learning. San Francisco : Jossey-Bass.
- Salomon, G. (1983). The differential investment of mental effort in learning from different sources. *Educational Psychologist* 18 : 42-50.
- Sapillaga, M. (1991). Screen design: Location of information and its effects on learning. *Journal of Computer-Based Instruction*, 18: 89-92.
- Schramm, W. (1972). What the research says ? In quality in instructional television. University of Honolulu, Hawai : 45-78 .
- Shepard, R.N. (1967). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of verbal Learning and Verbal Behavior*, 6 :156-163.
- Shih, Y.F., Alessi, S.A. (1996). Effects of text versus voice on learning in multimedia courseware. *Jl. Of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5 :203-218.
- Simon, H.A. (1980). Problem solving and education. In D.T. Tuma & R. Reif (Eds), *Problem solving and education : issues in teaching and research* (pp 81-96). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates .
- Simonson, M.R. and Others (1987). *Four Studies Dealing with Mediated Persuasive Messages, Attitudes, and Learning Styles*. *Educational Communication and Technology* 35 : 31-41.
- Simpson, M.S. (1994). Neurophysiological considerations related to interactive multimedia. *ETR&D* 42 : 75-81.
- Smith, P.E. (1989). Some learning and instructional theory considerations for the development of computer related instructional materials. *Educational Technology* 29 : 18-19.
- Standing, L., Conezio, J., Haber, R.N. (1970). Perception and memory for pictures : Single-trial learning of 2500 visual stimuli. *Psychonomic Science*, 19 :73-74.
- Stillman, J., Kemp, T. (1993). Visual versus auditory imagination : Image qualities, perceptual qualities, and memory. *Journal of mental imagery* 17 : 181.
- Stoneman, Z., Brody, G.H. (1983). Immediate and long-term recognition and generalization of advertised products as a function of age and presentation mode. *Developmental Psychology* 19 : 56-61.
- Tennyson, R.D. (1990). A proposed cognitive paradigm of learning for educational technology. *Educational Technology* 30 : 16-19.
- Tennyson, R.D. (1992). An educational learning theory for instructional design. *Educational Technology* 32 : 36-41.



- Tennyson, R.D., Breuer, K. (1984). Cognitive-based design guidelines for using video and computer technology in course development. In O. Zuber-Skerrit (Ed.), *Video in higher education*, London : Kogan Page.
- Tennyson, R.D., Rasch, M. (1988). Linking cognitive learning theory to instructional prescription. *Instructional Science* 17 : 369-385.
- Thurman, R.A., Mattoon, J.S. (1992). Building microcomputer-based instructional simulations : psychological implications and practical guidelines. In : *Proceedings of selected research and development presentations at the convention of the Association for Educational communication and technology*, Feb 1992 .
- Toms, M., Morris, N., Foley, P. (1994). Characteristics of visual interference with visuospatial working memory. *British journal of psychology*, 85: 131-144.
- Tracy, R.J., Roesner, S.L., Kovac, R.N. (1988). The effect of visual versus auditory imagery on vividness and memory. *Journal of mental imagery*, 12: 145.
- Tucker, P., Jones, D.M. (1991). Voice as Interface: An Overview. *International journal of human-computer interaction*, 3: 145-169.
- Ullmer, E. (1994). Media and learning : Are there two kind of truth ? *ETR&D* 42 : 21-32.
- Wallace, S.Q., Gregory, R.A. (1985). The Unaccommodated Variables in Training Decisions. *Performance and Instruction*, 24: 22-23.
- Ward, M.C. (1992). Fifteen principles for designing more effective instructional hypermedia/multimedia products. *Educational Technology* 32 : 5-11.
- Watkins, M.J., LeCompte, D.C., Elliott, M.N., Fish, B.S. (1992). Short-Term Memory for the Timing of Auditory and Visual Signals. *Journal of Experimental Psychology* 18 : 931-937.
- Wicks, R.H. (1992). Improvement over Time in Recall of Media Information : An Exploratory Study. *Journal of Broadcasting and Electronic Media* 36 :287-302.
- Winn, W. (1993). Perception principles. In M.F. Fleming and W. H. Levie (Eds.), *Instructional message design: Principles from the Behavioral and cognitive sciences*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, NJ., .
- Winn, W.D. (1989). Towards a rationale and theoretical basis for educational technology. *ETR&D* 37 :35-46.
- Witkin, H.A., Oltman, P.K., Raskin, E., Karp, S.A. (1971). *A manual for the embedded figures tests*. Palo Alto, California. Consulting Psychologists Press.
- Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R., Cox, P.W. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47:1-64.
- Wolcott, H.F. (1992). Posturing in qualitative research. In M.D. LeCompte, W.L. Millroy and J. Preissle (Eds), *Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego CA*.