

La technologie des médias joue-t-elle un rôle dans la transmission des connaissances ?

Philippe Dessus & Benoît Lemaire*

D'un point de vue historique, on peut dire que, à l'occasion de cérémonies religieuses ou tribales, l'Homme de Cro-Magnon combinait des peintures rupestres et des rituels dans les premières présentations multimédia.

Harkins et Schlesinger

Dessus, P., Lemaire, B. (1999). La technologie des médias joue-t-elle un rôle dans la transmission des connaissances ? In S. Agostinelli (Ed.). *Comment penser la communication des connaissances ? Du CD-ROM à l'Internet*. Paris : L'Harmattan, 253-264.

Mots-clés : TIC, média, EIAO, apprentissage, communication, compréhension, production.

Résumé : L'étude des effets de la technologie sur la transmission des connaissances a produit de nombreux travaux expérimentaux qui, à ce jour, n'ont montré que très peu d'effets positifs. On trouve pourtant de nombreuses assertions, souvent peu vérifiées, prédisant un impact certain du multimédia — et, en général, des nouvelles technologies de l'information et de la communication — sur cette transmission des connaissances. Nous allons, dans cet article, nous interroger sur ces contradictions en présentant d'abord la principale controverse anglo-saxonne sur les effets des médias, puis en détaillant les composantes d'un média, ce qui nous amènera à caractériser d'une manière plus rigoureuse les effets de tel ou tel média sur un type de performance des sujets (communiquer, apprendre, produire, comprendre). Nous nous appuyons pour cela sur quelques travaux que nous avons conduits sur ce thème. Notre discussion encourage les chercheurs à se départir de l'optimisme de l'enfant déballant le carton de sa nouvelle console de jeux, et à faire en sorte que la conception et l'utilisation d'un média soient suivies d'une réelle plus-value sur les performances des utilisateurs.

INTRODUCTION

Si l'on décrit schématiquement les théories à propos des technologies éducatives des années soixante et soixante-dix, on peut dire qu'elles étaient fortement imprégnées des théories de la communication qui, à la suite de Shannon et Weaver (1975), considéraient le média comme une seringue hypodermique, convoyeur inerte diffusant l'information de l'émetteur au récepteur. Ces théories prenaient de plus le média comme un tout, sans déterminer ses différentes composantes qui pourraient jouer séparément des rôles différents sur la transmission des connaissances. Avec le multimédia informatisé, combinant texte, image fixes ou animées et son, ainsi que des fonctionnalités de traitement de plus en plus sophistiquées, notre décennie a vu naître de

* DEACT, Lab. Sciences de l'éducation, Bât. SHM, 1251 av. Centrale, BP 47, 38040 GRENOBLE CEDEX 9. {Philippe.Dessus, Benoit.Lemaire}@upmf-grenoble.fr

nouvelles théories. Ces théories ont été qualifiées d'additives par Clark et Craig (1991) — où plus égale mieux¹ —, elles sont peu souvent validées empiriquement et s'appuient rarement sur un modèle cognitif de l'apprentissage.

Nous allons, dans cet article, étayer ces réflexions de nos propres expérimentations, afin de répondre à la question, vaste mais centrale, posée dans ce colloque : « L'usage des TIC altère-t-il les processus de communication [des connaissances] ? : la nature de l'information est-elle modifiée et doit-on la penser en fonction de ces outils de transmission ? ». Cette question nous permet de revenir sur les réflexions ci-dessus en les approfondissant. Elle nous fait poser les questions suivantes :

- Que sont ces outils de transmission qui pourraient altérer les processus de communication ? en d'autres termes, sont-ils ou non une seringue hypodermique qui, elle, n'altérerait pas les processus ? Cette question renvoie bien sûr à la fameuse analogie de Clark (1983) : les médias sont les véhicules qui délivrent l'enseignement, mais ils n'influencent pas plus la réussite des élèves que le camion qui livre nos aliments influence notre alimentation.
- L'acronyme « TIC » ou « technologies de l'information et de la communication », nouvelle dénomination des « technologies éducatives », s'il montre que le média n'a pas eu originellement de vocation éducative, mais n'est qu'un instrument détourné, ne permet toujours pas de régler le problème des composantes de ces technologies. L'informatique multimédia est justement un exemple de très grande intégration de différentes composantes technologiques et sémiotiques, et le seul fait de parler de multimédia comme outil de transmission des connaissances jette un voile très commode sur la manière dont ces connaissances sont transmises. De plus, qu'est-ce que transmettre des connaissances ? Faire apprendre ? comprendre ? communiquer ? produire ?
- Sur quelles théories psychologiques sont fondées les théories additives du multimédia ? Est-ce que des validations empiriques ont mis au jour des résultats montrant la supériorité du multi- sur l'unique, de l'animé sur le statique, de la couleur sur le noir et blanc, du tridimensionnel sur le bidimensionnel ? Les traitements complexes exécutés par les outils multimédia facilitent-ils réellement l'apprentissage des élèves ?

¹ Rogers et Scaife (1995) recensent ces théories du « plus égale mieux » qui, pour eux, appartiennent au folklore. En voici quelques-unes :

- des images fixes et des diagrammes sont plus efficaces que des représentations verbales ;
- des représentations 3D sont plus efficaces que des représentations 2D ;
- les images couleur sont plus efficaces que des images en noir et blanc ;
- l'hypermédia est plus efficace que le média séquentiel ;
- le multimédia est plus efficace que le média unique ;
- la réalité virtuelle est plus efficace que le multimédia.

Notre communication va revenir tour à tour sur ces problèmes. Nous débutons par un bref résumé de la controverse Clark/Kozma, exemple de débat sur la nature du média. Nous nous centrons ensuite sur les composantes du média et de leurs éventuels effets sur la transmission des connaissances, en les illustrant de résultats empiriques tirés de nos propres travaux.

LA CONTROVERSE CLARK/KOZMA : LE MEDIA INFLUENCE-T-IL L'APPRENTISSAGE ?

Il nous paraît utile de proposer au lecteur un bref aperçu de la controverse entre deux chercheurs en technologies éducatives, Richard Clark et Robert Kozma. Le premier pense que le média n'est rien de plus qu'un convoyeur inerte d'informations, donc peu à même d'influer sur la communication ou l'apprentissage de leurs utilisateurs. Le second avance que la technologie est certes peu influente jusqu'à présent, mais devrait jouer un rôle accru au sein du processus éducatif. Cette controverse a été alimentée par de nombreux chercheurs (Koumi, 1994 ; Morrison, 1994 ; Petkovich & Tennyson, 1984) et n'a eu, curieusement, que peu de retentissement en francophonie.

Clark (1983 ; 1994), dans un article au titre provocant, avance, sur la base de travaux expérimentaux comparatifs, que le média n'influence *jamais* l'apprentissage. Il invoque les effets de la motivation de l'élève et de l'enseignant pour interpréter les bons résultats obtenus avec un média donné : les cours sont mieux préparés, les supports de l'information rédigés avec plus de soin, la nouveauté captive plus l'attention des apprenants, qui sont valorisés. Il regrette également que l'interaction média-tâche d'apprentissage-caractéristiques de l'apprenant ne soit pas plus prise en compte.

Kozma (1991 ; 1994) pense que le média, qu'il soit livre, télévision ou ordinateur, apporte des résultats positifs non négligeables. La combinaison entre les systèmes de symboles et traitements, propres à chaque technologie, la rend spécifique : le livre présente des informations stables et donc parfois plus aisément traitées par un apprenant, la télévision permet une simultanéité son-image, l'ordinateur traite en temps réel l'information de manière spécifique. Le « principe actif » des technologies, pour reprendre une analogie médicale, ne réside donc pas en elles-mêmes, mais il favorise l'« inoculation » des connaissances aux élèves.

Même si ces chercheurs s'opposent sur des détails, ils paraissent toutefois d'accord sur le fait que la technologie — le média — n'est pas le seul facteur à prendre en compte pour déterminer ses effets sur la transmission des connaissances. Le contexte, la nature de la tâche, voire les préconceptions des utilisateurs peuvent avoir un rôle important à jouer. Enfin, le média ne peut plus être considéré comme une entité, à elle seule responsable de cette transmission des connaissances. C'est de cela que nous traitons maintenant.

LES TIC, INTRICATION DE TECHNOLOGIE, SYMBOLES ET TRAITEMENT

Les travaux sur les médias, notamment dans la francophonie, partent, dans la quasi-totalité des cas, du postulat qu'ils sont la cause du progrès dans l'apprentissage des élèves l'utilisant. Ce postulat a au moins deux raisons d'être :

- le média est le chaînon, dans l'environnement éducatif, le plus facilement changeable, donc achetable, et à ce titre des aspects commerciaux ou publicitaires peuvent perturber le bon sens qui consisterait à tester impartialement les effets des médias sur l'apprentissage ;
- le média, comme l'acronyme TIC le suggère maintenant, est toujours *réutilisé* à des fins éducatives : la radio, la télévision, l'ordinateur ont été utilisés dans la vie professionnelle ou quotidienne avant d'apparaître dans l'école, ce qui renforce l'argument : « l'école doit préparer à la vie, il faut donc faire de l'informatique (de la télévision, de la radio, etc.) ».

Ces façons de considérer le média comme une entité nous conduisent à chercher dans la littérature des éléments qui affineront son rôle. Kozma (1991 ; 1994) énonce qu'un média est un triplet (technologie, système de symboles, traitement) :

- *une technologie* (« capacités physiques, mécaniques ou électroniques d'un média, déterminant sa fonction et par extension, sa forme et d'autres caractéristiques » (Kozma, 1994, p. 11). La technologie favorise et/ou restreint les deux autres éléments du triplet ;
- *gérant un système de symboles*, « ensembles d'expressions symboliques par lesquelles l'information est communiquée, à propos d'un champ de référence » (*ibid.*), par exemple la langue parlée, le texte imprimé, les partitions musicales, les cartes, etc. ;
- *avec une capacité de traitement*, « capacité d'un média à faire les opérations spécifiées sur les systèmes de symboles disponibles » (*ibid.*), par exemple : affichage, réception, stockage, recherche, organisation, traduction, transformation, évaluation. Cette notion de traitement apparaît quelque peu floue chez Kozma puisqu'il ne semble pas toujours explicitement la distinguer du traitement cognitif de l'utilisateur du média, tout en semblant parfois ne l'associer qu'au média ordinateur. Pour être clair, nous ne considérerons ici que le traitement « électronique ». Ainsi, un vidéodisque opère un traitement de stockage et d'accès indexé sur le système de symboles, une visioconférence réalise un traitement de transmission à distance et de visualisation alors qu'un livre ne réalise aucun traitement particulier sur le système de symboles.

Considérer le média comme un triplet plutôt qu'une entité :

- permet d'attribuer à l'un de ses éléments les effets éventuels d'une utilisation. Ainsi, il est raisonnable de penser que l'apprentissage puisse être affecté (1) par le système de symboles en raison des effets connus des représentations sémiotiques sur les acquisitions, (2) par le traitement en ce qu'il modifie le système de symboles, (3) par la technologie qui, parce qu'elle est un canal numérique, altère généralement l'information de type analogique ;
- cela permet également de classer la littérature et les théories sur les médias. Ainsi, l'assertion de McLuhan (1977) « Le médium, c'est le message » et l'acronyme TIC, se centrent sur l'aspect technologique du média. Les théories comme celle du double codage (Paivio, 1991), elles, se réfèrent explicitement à l'effet éventuel du système de symboles utilisé ; enfin, le traitement, pour un ordinateur notamment, aide ou remplace les processus cognitifs de l'apprenant.

Nous allons maintenant appliquer cette grille de lecture à propos du média à quelques études empiriques menées dans notre équipe. Comme annoncé dans l'introduction, il nous paraît important de détailler ces travaux selon les tâches données aux sujets, c'est-à-dire communiquer, apprendre, produire ou comprendre.

LES EFFETS DES TIC SUR LA COMMUNICATION, L'APPRENTISSAGE, LA PRODUCTION ET LA COMPREHENSION

Passons donc à la description de quelques travaux visant à évaluer l'effet de divers médias (papier, papier et crayon, ordinateur avec ou sans hypertexte, audioconférence) sur les performances de sujets en termes de communication, apprentissage, production et compréhension. Les points communs de ces travaux sont leur souci d'évaluer l'effet du média en tant que tel, *via* la comparaison avec un ou plusieurs groupes-contrôle.

Communiquer avec audioconférence

Dans le cadre du projet européen Télérégions, nous avons réalisé différents travaux sur l'enseignement par audioconférence. Ces recherches comprenaient un volet apprentissage dans lequel nous avons recherché les effets du média sur les acquisitions des étudiants et un volet communication dans lequel nous avons étudié les effets du média sur le discours de l'enseignant. C'est ce dernier point que nous détaillons maintenant.

La première étude (Lemaire, Marquet & Baillé, 1996 et 1997) a comparé un enseignant faisant un cours traditionnel de comptabilité dans un amphithéâtre de Grenoble et le même enseignant dispensant un cours par audioconférence à des

étudiants situés à Valence. En reprenant le triplet de Kozma, les deux médias étaient donc les suivants :

M₁ = (tableau noir ; langue parlée+texte écrit au tableau ; pas de traitement du média)

M₂ = (audioconférence ; langue parlée+diapositives ; visualisation, accès directs à des diapositives, retours en arrière)

Une comparaison des discours s'appuyant sur la méthode de Bronckart (1985) a montré des différences sensibles sur le discours de l'enseignant. En particulier, le discours à distance était plus formel. Cependant, nous avons modifié la technologie (tableau noir *versus* audio-conférence) mais aussi le système de symboles, puisque des diapositives étaient transmises aux étudiants à distance. Une deuxième étude était nécessaire pour isoler le facteur technologie.

Nous n'avons donc, dans cette deuxième étude, fait varier que la technologie (Lemaire, Dessus & Baillé, à paraître), en contraignant l'enseignant en présence à utiliser le même système de symboles qu'à distance. Seule la technologie variait. Les deux médias étaient les suivants :

M₁ = (diapositives ; langue parlée+textes+images ; visualisation, accès directs à des diapositives, retours en arrière)

M₂ = (audioconférence ; langue parlée+textes+images ; visualisation, accès directs à des diapositives, retours en arrière)

Les résultats montrent que, du point de vue lexical, morphosyntaxique ou pragmatique, il n'y a pas de paramètres qui permettent de différencier le discours de l'enseignant selon la présence ou la distance de ce dernier. Nous retrouvons là les résultats expérimentaux de la littérature (décrits dans Dessus, Lemaire & Baillé, 1997).

On peut en conclure qu'il n'y a pas d'effet de la facette technologique du média sur la communication. Il reste cependant, dans ce domaine, à réaliser des expérimentations faisant varier séparément le traitement et le système de symboles, afin de préciser leurs rôles respectifs sur la communication enseignants-étudiants.

Apprendre avec des hypertextes

Nous avons également tenté d'observer les effets sur la mémorisation des sujets (N = 82), de trois caractéristiques d'un document sur l'informatique à l'école : son support, ou média (papier ou électronique), sa présentation, ou traitement (présence ou absence de liens hypertextes), la tâche allouée au sujet (recherche ou navigation). Les quatre groupes de sujets permettaient de mettre au jour les effets du média et du traitement :

M₁ = (ordinateur ; texte+images ; visualisation+navigation hypertextuelle)

M₂ = (ordinateur ; texte+images ; visualisation)

M₃ = (document papier ; texte+images ; simulation de liens hypertextes par notes de bas de page²)

M₄ = (document papier ; texte+images ; pas de traitement du média)

Les résultats (voir Dessus & Hédon, 1996 pour plus d'informations) montrent un effet significatif du média sur l'apprentissage, mais dans le sens inverse à celui attendu : c'est le média papier qui occasionne un meilleur apprentissage des sujets. En revanche, l'effet du traitement (présence ou non d'hypertexte) est non significatif. Ce résultat montre que la transposition informatique d'un document papier n'apporte pas systématiquement une plus-value sur l'apprentissage.

Produire avec un logiciel micro-monde

Nous avons conçu (voir Dessus & Marquet, 1991 pour plus d'informations), puis testé un logiciel de type micro-monde en LOGO, CHLOE (pour Création au hasard de littératures par ordinateur pour enfants). CHLOE génère des textes aléatoirement à partir de séquences lexicales et syntaxiques proposées par l'élève. Nous avons mesuré, dans une étude, les effets de l'utilisation de CHLOE dans des classes de CM₂ (N = 125). Les différents médias comparés sont les suivants³ :

M₁ = (papier+crayon ; texte ; accès aléatoire à l'aide de gabarits avec réglettes coulissantes)

M₂ = (ordinateur ; texte ; procédures LOGO de tirage au sort des mots selon des *patterns*)

Il s'avère que les habiletés développées par CHLOE se situent plus sur l'aptitude à analyser les phrases que sur la qualité intrinsèque — syntaxique et grammaticale — des productions écrites des élèves, qui reste non significativement différente selon les deux groupes mentionnés ci-dessus. L'effet de la technologie sur la capacité à produire des phrases syntaxiquement et grammaticalement élaborées n'est donc pas avéré.

Comprendre avec un EIAO

Les EIAO (environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur) font l'objet d'une littérature importante (Balacheff & Vivet, 1996 ; Baron, Gras & Nicaud, 1993 ; Guin, Nicaud & Py, 1995) en dépit d'une utilisation réelle très limitée. Ce type de

² Notons bien ici que c'est le lecteur qui réalise le traitement dévolu à l'ordinateur dans le groupe M₁. Bien que cette méthode contrevienne à l'idée de ne considérer comme traitement uniquement ceux réalisés par électronique, c'est à notre avis la seule façon de contrôler les effets de la technologie et du traitement.

³ Nous ne présentons ici que les groupes concernant l'effet du média. D'autres groupes testant la méthode d'enseignement étaient également mis en place.

système, qui utilise les formalismes de représentation et de traitement issus de l'intelligence artificielle, peut être analysé avec profit à l'aide du triplet de Kozma. Un EIAO comprend plusieurs modules (Wenger, 1987) :

- un module expert, modélisant le domaine et chargé de résoudre le problème qui est posé à l'élève ;
- un module pédagogique, modélisant les stratégies d'enseignement ;
- un modèle de l'élève ;
- une interface de communication avec l'élève.

Contrairement aux autres médias, il y a donc deux systèmes de symboles : celui géré en interne par la machine et représenté généralement par des règles de production ou des réseaux sémantiques, et le système de symboles qui apparaît pour l'élève à l'écran.

Système interne = (modules internes du tuteur intelligent ; réseau sémantique ou système de règles ; inférences)

Média externe = (interface du tuteur intelligent ; textes+images ; visualisation)

Par exemple, le système Aplusix (Nicaud *et al.*, 1989) qui vise à entraîner les élèves de collège à la factorisation de polynômes peut être analysé de la manière suivante :

Système interne = (système expert ; représentation formelle des polynômes ; règles de réécriture). Ce système produit des résolutions de problèmes représentées formellement.

Média externe = (interface graphique ; représentation graphique des polynômes ; visualisation). Ce média produit des résolutions de problèmes représentées à l'écran.

La partie traitement dans ce type de média se veut plus élaborée que dans les autres médias. Plutôt qu'une simple restitution, on cherche à produire des connaissances à l'aide de systèmes d'inférences. Le traitement comprend également la méthode d'enseignement (module pédagogique), contrairement aux autres médias qui laissent une part importante à l'humain. Cependant, il semble que ce traitement plus élaboré soit au détriment du système de symboles qui s'appauvrit pour pouvoir être traité par des procédures logiques. De plus, le double système de symboles empêche l'élève de percevoir les limites des connaissances de la machine puisqu'il n'en a qu'une vision transformée : il lui est impossible de faire la part entre une connaissance inutile pour la situation courante et une connaissance inconnue de la machine. En d'autres termes, l'élève ne contrôle pas l'outil (Höök *et al.*, 1996). Tout cela explique à notre avis le peu

d'applications réelles de ces médias et, en conséquence, le peu d'études véritablement expérimentales sur le sujet⁴.

DISCUSSION

Le fait d'éclater un média en un triplet d'éléments est riche d'enseignements. Le point commun de la majorité des médias décrits plus haut est la pauvreté du traitement. C'est le système de symboles qui permet les fonctions d'apprentissage ou de production. Or, ce système de symboles n'est que peu affecté par la technologie puisque le traitement, hormis dans les EIAO, est fruste. En d'autres termes, ce ne sont pas les technologies qui sont éducatives, mais les systèmes de symboles qu'ils véhiculent.

Les effets des multimédias, intégrant à la fois différentes technologies, différents systèmes de symboles et différents traitements, sont encore moins aisément testables empiriquement que les effets de leurs ancêtres. L'effet « multimédia » sur la transmission des connaissances, s'il existe⁵, ne pourra donc être étudié qu'au prix, d'une part de l'élaboration de théories cognitives sur le multimédia pouvant être expérimentées (Mayer & Sims, 1994 ; Recker, Ram, Shikano, Li & Stasko, 1995) ; et d'autre part d'une analyse précise de l'effet de chacune des composantes technologiques et sémiotiques.

Enfin, la controverse Clark/Kozma, si elle n'a pas éclairci la place du média dans l'environnement de l'enseignement-apprentissage, a eu pour effets bénéfiques de faire sortir les chercheurs de l'optimisme de l'enfant déballant le carton de sa nouvelle console de jeux. Maintenant, charge à ces derniers de faire en sorte que l'utilisation et la conception d'un média soient suivies d'une réelle plus-value sur l'apprentissage, la communication, la production et la compréhension des utilisateurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALACHEFF, N., VIVET, M. (1996)(Eds). *Didactique et intelligence artificielle*. Grenoble : La pensée sauvage.
- BARON, M., GRAS, R., NICAUD, J.-F. (1993)(Eds). *Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur - tome 1*. Paris : Eyrolles.
- BRONCKART, J.-P. (1985). *Le fonctionnement des discours*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- CLARK, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Rev. Educ. Res.*, 53-4, 445-459.
- CLARK, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educ. Technol. Res. Dev.*, 42-2, 21-29.
- CLARK, R. E., CRAIG, T. G. (1991). Research and Theory on Multi-Media Learning Effects. In M. Giardina (Ed.), *Interactive Multimedia Learning Environments*. Berlin : Springer-Verlag, 19-30.

⁴ Il est à chaque conférence internationale sur le sujet quelques auteurs qui esquissent des expérimentations de leurs produits, mais l'absence quasi systématique de groupe contrôle rend les résultats peu valides.

⁵ En effet, de nombreuses recherches tentant de mesurer ces effets ont donné lieu à des résultats peu significatifs (voir Russel, 1995, répertoriant plus de deux cents études sur le « phénomène de la différence non significative »).

- DESSUS, P., HEDON, G. (1996). Effets du support, de la tâche et de la présentation dans la consultation d'un hypertexte sur l'informatique à l'école. In E. Bruillard, J.-M. Baldner, G.-L. Baron (Eds), *Hypermédiats et apprentissages, T. 3*. Paris : I.N.R.P./E.P.I., 167-174.
- DESSUS, P., LEMAIRE, B., BAILLE, J. (1997). Études expérimentales sur l'enseignement à distance. *Sciences et Techniques Éducatives*, 4-2, 137-164.
- DESSUS, P., MARQUET, P. (1991). Les apports d'un logiciel d'aide à l'expression écrite au C.M. 2. *Les Sciences de l'Éducation pour l'ère nouvelle*, 3, 45-53.
- GUIN, D., NICAUD, J.-F., PY, D. (1995). *Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur*. Paris : Eyrolles.
- HARKINS, C., SCHLESINGER, E. (1978). Perspective on multimedia. *IEEE Trans. Professional Communication*, 21-3, 118-128.
- HÖÖK, K., KARLGREN, J., WAERN, A., DAHLBÄCK, N., JANSSON, C.G., KARLGREN, K., LEMAIRE, B. (1996). A Glass Box Approach to Adaptive Hypermedia. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, 6, 157-184.
- KOUMI, J. (1994). Media comparison and deployment : a practitioner's view. *Br. J. Educ. Technol.*, 25-1, 41-57.
- KOZMA, R. B. (1991). Learning with media. *Rev. Educ. Res.*, 61-2, 179-211.
- KOZMA, R. B. (1994). Will media influence learning ? Reframing the debate. *Educ. Technol. Res. Dev.*, 42-2, 7-19.
- LEMAIRE, B., DESSUS, P., BAILLE, J. (À paraître). The teacher discourse at a distance : lexical, morphosyntactical, and pragmatic aspects. *Int. J. Educ. Telecommunications*.
- LEMAIRE, B., MARQUET, P., BAILLE, J. (1996). Comparative analysis of teacher's discourse and students' behaviour in traditional and distance lectures. In P. Carlson, F. Makedon (Eds), *Proc. World Conference on Educational Telecommunications (ED-TELECOM 96)*. Charlottesville : AACE, 167-172.
- LEMAIRE, B., MARQUET, P., BAILLE, J. (1997). Étude comparative du discours de l'enseignant et du comportement des étudiants en situations de cours traditionnel et d'enseignement à distance informatisé. *Carrefours de l'éducation*, 3, 79-91.
- MAYER, R. E., SIMS, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words ? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *J. Educ. Psychol.*, 86-3, 389-401.
- MCLUHAN, M. (1977). *Pour comprendre les média*. Paris : Seuil.
- MORRISON, G. R. (1994). The media effects question : "Unresolvable" or asking the right question. *Educ. Technol. Res. Dev.*, 42-2, 41-44.
- NICAUD, J.-F., AUBERTIN, C., NGUYEN-XUAN, A., SAÏDI, M., WACH, P. (1989). Aplusix : un environnement d'apprentissage à plusieurs niveaux dans le domaine du raisonnement algébrique. *Actes des premières journées EIAO de Cachan*, 297-315.
- PAIVIO, A. (1991). *Images in mind, the evolution of a theory*. New York : Harvester Wheatsheaf.
- PETKOVICH, M. D., TENNYSON, R. D. (1984). Clark's "learning from media" : a critique. *Educ. Comm. Technol. J.*, 32-4, 233-241.
- RECKER, M. M., RAM, A., SHIKANO, T., LI, G., STASKO, J. (1995). Cognitive media types for multimedia Information access. *J. Educ. Multimedia and Hypermedia*, 4-2/3, 183-210.
- ROGERS, Y., SCAIFE, M. (1995). External cognition as an alternative framework for evaluating single, multi and virtual media. In J. Lee (Ed.). *First Int. Workshop on Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces : Research and Applications*. Edimbourg : Université d'Edimbourg.
- RUSSEL, T. L. (1995). *The "No significant difference" phenomenon*. Raleigh : Université de Caroline du Nord, bureau des télécommunications éducatives, document électronique.
- SHANNON, C. E., WEAVER, W. (1975). *Théorie mathématique de la communication*. Paris : Retz.
- WENGER, E. (1987) *Artificial Intelligence and Tutoring Systems — Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos : Morgan Kaufmann Publishers.