

## **APPEL D'OFFRES 1997**

Du Comité National de Coordination de la Recherche en Education (CNCRE)

### **RESUME DU RAPPORT**

**15 Février 2000**

L'usage des nouvelles technologies dans l'enseignement : l'hétérogénéité cognitive des apprenants dans l'intégration des informations multimodales.

Marie-France EHRlich<sup>1</sup>, Valérie GYSELINCK<sup>1</sup>,  
Cesare CORNOLDI<sup>2</sup> et Rossana DE BENI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Psychologie Cognitive de la Communication EPHE 3<sup>ème</sup> Section et Laboratoire de Psychologie Expérimentale de l'Université René Descartes, CNRS UMR 8581, 71, Avenue Edouard Vaillant 92774 Boulogne-Billancourt Cedex  
Tél. : 01 55 20 59 36, Mail : ehrlich@psycho.univ-paris5.fr

<sup>2</sup> Département de Psychologie, Université de Padoue, Italie.

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication conduisent l'apprenant à devoir traiter des informations multimodales : des informations visuelles (énoncés verbaux, illustrations, photographies, graphiques) et des informations auditives (verbales et non verbales). Nos recherches ont pour objectif l'étude de l'hétérogénéité des apprenants confrontés à l'intégration de ces diverses informations. Cette hétérogénéité est sans nul doute pluridimensionnelle. Toutefois, nos recherches sont centrées sur la dimension cognitive. En effet, l'intégration d'informations multimodales requiert la mise en jeu de processus complexes, dont la réalisation est contrainte par les caractéristiques du système cognitif du sujet. Nos recherches traitent de l'hétérogénéité qu'entraînent les différences dans la capacité de mémoire de travail des apprenants. Conformément à notre projet, nos recherches ont été centrées sur l'acquisition, par de jeunes adultes, de notions de physique (*électricité statique, pression des gaz etc.*), notions pour lesquelles l'usage d'informations multimodales est particulièrement pertinent. Trois recherches expérimentales ont été réalisées. Dans les deux premières (Expériences I et II), nous avons étudié le rôle de la capacité de mémoire de travail visuo-spatiale sur l'intégration de deux catégories d'informations, verbales et iconiques. Notre hypothèse générale était que cette intégration est dépendante de la mémoire visuo-spatiale : les apprenants dont la capacité visuo-spatiale est faible pourraient rencontrer des difficultés particulières dans l'intégration des informations multimodales. Si elle était vérifiée une telle hypothèse devrait conduire à des adaptations des systèmes prenant en considération l'hétérogénéité cognitive des apprenants. Dans la troisième recherche (Expérience III), nous avons étudié le rôle de la boucle phonologique. Dans les trois recherches nous avons utilisé un paradigme de tâches concurrentes afin de mettre en évidence le rôle de la mémoire de travail visuo-spatiale et celui de la boucle phonologique. Nous avons également analysé systématiquement le rôle des différences individuelles dans la capacité de ces sous-systèmes afin d'étudier dans quelle mesure ces différences sont source d'hétérogénéité des apprenants.

Pour conduire de telles recherches, il convient d'adopter des positions théoriques bien définies. Au plan de la compréhension, nous nous inspirons de la théorie des modèles mentaux de Johnson-Laird (1983 ; 1993). Concernant la mémoire de travail, nous adoptons le modèle de Baddeley (1986) en nous intéressant particulièrement à la mémoire visuo-spatiale.

Etant données les limites de ce résumé, nous ne présenterons ci-dessous que le cadre théorique de nos recherches, la démarche adoptée, les principaux résultats et une brève conclusion.

## **Intégration d'informations verbales et iconiques dans la compréhension : rôle des caractéristiques individuelles des apprenants.**

La théorie des modèles mentaux permet de caractériser la représentation élaborée par l'apprenant au cours de la compréhension de textes. Selon cette théorie, la compréhension met en jeu un ensemble de processus traitant les unités linguistiques de différents niveaux de complexité, processus qui concourent à la construction d'une représentation cohérente définie comme un modèle mental du contenu du texte. Ces processus se développent en mémoire de travail et font largement appel aux connaissances de la mémoire permanente de l'apprenant. La validité des hypothèses dérivées de cette théorie a été confirmée par de nombreuses recherches (voir Ehrlich & Tardieu, 1993 ; Ehrlich, Tardieu & Cavazza, 1993 ; Oakhill & Garnham, 1996). Plus particulièrement, pour le problème qui nous intéresse ici, cette théorie permet de faire des hypothèses quant au rôle des illustrations dans la compréhension de textes. En effet, une illustration peut être vue comme une expression iconique de certains aspects du modèle mental. L'effet bénéfique des illustrations associées au texte pourrait alors s'expliquer par le fait qu'elles facilitent la construction d'un modèle mental du texte. Cette hypothèse a été confirmée par les résultats de plusieurs recherches (Gyselinck, 1995 ; Gyselinck et Tardieu, 1999 ; Hegarty & Just, 1993).

Dans quelle mesure les apprenants qui présentent des caractéristiques individuelles différentes bénéficient-ils des illustrations associées au texte ? Cette question, primordiale dans une perspective éducative, a été récemment abordée par Hegarty, Carpenter et Just (1996). Considérant plus particulièrement les documents scientifiques, ils proposent de distinguer trois catégories d'illustrations : des diagrammes iconiques (par exemple, le dessin d'une coupe transversale d'un œil) qui décrivent la structure d'un système concret ; des diagrammes schématiques (par exemple, un circuit électrique) qui utilisent des conventions graphiques pour illustrer les composants de systèmes abstraits et leur organisation ; des graphiques qui représentent des données factuelles quantitatives. Ces trois catégories ne sont pas mutuellement exclusives, leurs frontières peuvent être difficiles à définir et leurs fonctions peuvent dépendre des propriétés des référents. En outre, les informations verbales et iconiques peuvent être redondantes, en ce sens que deux media distincts transmettent des informations identiques (ou similaires), ou complémentaires lorsque deux media véhiculent des informations différentes concernant un même référent. Hegarty et al. (1996) soulignent la complexité des processus mis en jeu. Le traitement de textes accompagnés d'illustrations exige que l'apprenant mette en œuvre de manière efficiente des processus de sélection et de

coordination. Il doit notamment évaluer l'information textuelle et décider quand il est pertinent d'explorer l'illustration, traiter et maintenir en mémoire des informations de nature différente afin de les coordonner. Selon ces auteurs, l'intégration d'informations verbales et iconiques est contrainte non seulement par les connaissances que l'apprenant possède dans le domaine dont traite le texte, mais aussi par ses capacités mnésiques. Dans le cas d'une présentation des informations verbales et iconiques sur ordinateur, les limites d'une page écran imposent une restriction du nombre d'informations présentées simultanément. Dès que les phénomènes ou les notions deviennent quelque peu complexes, il est alors nécessaire de présenter les informations sur plusieurs pages écran. L'apprenant doit alors, non seulement intégrer les informations présentées simultanément sur une même page écran, mais maintenir en mémoire les informations présentées sur les pages écran précédentes afin de les intégrer aux nouvelles. La capacité mnésique et plus particulièrement celle de la mémoire visuo-spatiale devrait alors jouer un rôle central. Cette hypothèse est au centre de nos recherches.

### **Capacité limitée de la mémoire de travail des apprenants.**

La mémoire de travail a été définie par Baddeley (1986) comme un système de capacité limitée qui assure une double fonction de traitement et de stockage temporaire des informations. Cette forme de mémoire active interviendrait dans toutes les activités cognitives complexes : compréhension et production du langage, acquisition de nouvelles connaissances, raisonnement, résolution de problèmes, etc. (voir Barrouillet, 1996 ; Cornoldi & Mc Daniel, 1990 ; Ehrlich & Delafoy, 1990 ; Monnier & Roulin, 1994 ; Vecchi, Monticelli & Cornoldi, 1995). Dans le modèle de Baddeley, la mémoire de travail comporte trois composantes : un centre exécutif qui sélectionne et contrôle les opérations de traitement, et deux sous-systèmes périphériques, la boucle phonologique et la mémoire visuo-spatiale. La boucle phonologique a pour rôle de maintenir activées des entrées phonologiques, sous le contrôle d'un processus articulatoire. La mémoire visuo-spatiale assure le maintien des informations spatiales et visuelles, ainsi que la formation et la manipulation des images mentales.

Un assez grand nombre d'études a clairement mis en évidence le rôle de la capacité du centre exécutif dans la compréhension de textes. La capacité de ce système central, est un facteur important dans la mise en œuvre des opérations psycholinguistiques de haut niveau nécessaires à la compréhension. (Voir, pour l'adulte Just & Carpenter, 1992 ; pour l'enfant Seigneuric, 1998 ; Seigneuric, Ehrlich, Oakhill & Yuill, in press ; pour les déficients mentaux, Moleux, Seigneuric & Ehrlich, 1998). Cependant, comme le soulignent Gathercole et Baddeley dans leur ouvrage (1993), le rôle de la boucle phonologique et de la mémoire visuo-

spatiale dans la compréhension n'a pas encore fait l'objet d'études systématiques. Notre hypothèse générale est que l'intégration d'informations verbales et d'informations iconiques met en jeu les trois composantes de la mémoire de travail et, notamment, la mémoire visuo-spatiale.

**L'objectif de nos deux premières expériences** est de tester l'hypothèse selon laquelle l'intégration d'informations verbales et iconiques au cours de la compréhension de notions scientifiques mobilise la mémoire visuo-spatiale.

Dans nos expériences, nous nous inspirons de la démarche de Kruley, Sciamia et Glenberg (1994) et nous utilisons une méthode de tâches concurrentes. Le sujet réalise simultanément deux tâches : lecture d'un texte traitant de notions scientifiques, accompagné ou non d'illustrations, et activation concurrente d'items de différente nature mobilisant soit la mémoire visuo-spatiale (tâche concurrente visuo-spatiale), soit la boucle phonologique (tâche concurrente verbale). Nos textes, qui décrivent des phénomènes simples de physique (*l'électrolyse, la pression des gaz...*), sont présentés sur l'écran d'un micro-ordinateur. Ils sont tous constitués de neuf phrases présentées successivement. Deux formats de présentation sont utilisés : chacune des phrases est présentée seule ou accompagnée d'une illustration. Les textes sont suivis de questions qui permettent d'évaluer la compréhension. Notre hypothèse est la suivante : si l'intégration des informations verbales et iconiques sollicite la mémoire visuo-spatiale, on s'attend à ce qu'elle soit perturbée par la réalisation de la tâche concurrente spatiale. Plus précisément, on s'attend à ce que le bénéfice des illustrations soit diminué voire annulé par la tâche concurrente spatiale. En revanche, l'intégration des informations verbales et iconiques ne devrait pas être particulièrement perturbée par une tâche concurrente phonologique. Dans cette seconde situation, le bénéfice des illustrations devrait être maintenu.

Afin d'analyser **l'hétérogénéité des sujets** dans l'intégration des informations verbales et iconiques, nous examinons le rôle de la variabilité inter-individuelle de la capacité de la mémoire visuo-spatiale, mesurée à l'aide du test des Corsi blocs. L'intérêt de ce test déjà ancien (Milner, 1971 ; Orsini et al, 1987) a été confirmé par plusieurs études récentes (cf. Logie, 1995 ; Logie et Pearson, 1997). Il permet de mesurer un empan spatial. Pour réaliser ce test, l'expérimentateur dispose devant le sujet une planche sur laquelle neuf cubes sont fixés de façon aléatoire. A chaque essai l'expérimentateur pointe une séquence de cubes et la tâche du sujet est de rappeler la séquence qui vient de lui être présentée en respectant l'ordre des cubes. Au cours des essais successifs, la longueur de la séquence augmente progressivement de trois à huit. L'empan spatial correspond à la plus longue séquence de cubes que le sujet peut rappeler dans l'ordre sans commettre d'erreur. Ce test d'empan spatial a la même

structure que le test d'empan verbal, pour lequel le sujet doit rappeler, dans l'ordre correct, une séquence de chiffres énoncée par l'expérimentateur, dont la longueur augmente de trois à huit. Afin de contrôler les caractéristiques des sujets de nos groupes, nous évaluons, pour chaque sujet, l'empan verbal et ses connaissances de base en physique.

### **Principaux résultats et Conclusion**

- Dans la situation contrôle, sans aucune tâche concurrente, les illustrations ont un effet bénéfique sur la compréhension de notions scientifiques.

- Les résultats de **l'expérience II** qui ciblaient tout particulièrement nos objectifs montrent qu'une tâche concurrente spatiale annule l'effet bénéfique des illustrations, sans avoir d'effet sur le traitement du texte présenté seul. En revanche, une tâche concurrente verbale a un effet négatif sur les performances sans diminuer le bénéfice des illustrations. Un tel effet d'interférence sélective indique que l'intégration de textes et d'illustrations mobilise un sous-système spécialisé : la mémoire visuo-spatiale.

- La capacité de la mémoire visuo-spatiale, mesurée à l'aide d'un test d'empan spatial (Corsi blocs), varie largement d'un apprenant à l'autre.

- L'intégration textes-illustrations est dépendante de la capacité de la mémoire visuo-spatiale : les apprenants dont la capacité de mémoire visuo-spatiale est élevée réalisent cette intégration de manière efficiente, alors que ceux dont la capacité est faible ne tirent pas profit des illustrations.

Les résultats quelque peu inattendus de **l'expérience I**, peuvent être réinterprétés à la lumière des résultats de l'expérience II. L'absence d'effet négatif de la tâche concurrente spatiale est en accord avec l'idée admise dans la littérature au cours des dernières années selon laquelle les composantes visuelle et spatiale de la mémoire visuo-spatiale sont autonomes. Les apprenants (ou certains d'entre eux) sont capables de faire face aux exigences d'une tâche concurrente visuelle, tout en réalisant le traitement des illustrations qui mobilise la composante spatiale. Cette interprétation devra faire l'objet de nouvelles études expérimentales.

En outre, les résultats de **l'expérience III** indiquent que la mémoire phonologique est mobilisée lors du traitement d'informations linguistiques. Là encore la capacité de cette mémoire est variable d'un individu à l'autre et cette capacité est un facteur d'hétérogénéité.

**Au plan théorique**, l'ensemble des résultats de ces trois expériences tendent à confirmer l'intérêt du modèle de mémoire de travail de Baddeley (1986) et Logie (1995) selon

lequel la mémoire phonologique et la mémoire visuo-spatiale sont des sous-systèmes autonomes, spécialisés respectivement dans le traitement des informations verbales et le traitement des informations visuo-spatiales. Ces sous-systèmes sont mobilisés dans la compréhension.

**Au plan des applications** concernant l'utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement, il nous paraît important de souligner les points suivants :

- La conception et l'utilisation des systèmes multimédia devraient impérativement prendre en compte les contraintes cognitives des apprenants.

- L'apprenant ne peut traiter efficacement qu'un nombre limité d'informations de différente nature.

- L'un des facteurs qui caractérisent l'hétérogénéité des apprenants face aux systèmes multimédia est la capacité limitée de la mémoire visuo-spatiale, très variable d'un individu à l'autre. Les apprenants dont la capacité de mémoire visuo-spatiale est faible sont confrontés à des difficultés particulières pour intégrer des informations multimodales.

## **Références.**

Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.

Barrouillet, P. (1986). Ressources, capacités cognitives et mémoire de travail : Postulats, métaphores et modèles. *Psychologie Française*, 41, 319-338.

Cornoldi, C. & McDaniel, M. (Eds.) (1990). *Imagery and Cognition*. New York: Springer.

Ehrlich, M.-F., & Delafoy, M. (1990). La mémoire de travail : structure, fonctionnement, capacité. *L'Année Psychologique*, 90, 403-428.

Ehrlich, M.-F., & Tardieu, H. (1993). Modèles mentaux, modèles de situation et compréhension de textes. In M.-F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds). *Les Modèles Mentaux : approche cognitive des représentations*, 47-78. Paris : Masson.

Ehrlich, M.-F., Tardieu, H., Cavazza, M. (Eds.), (1993), *Les modèles mentaux. Approche cognitive des représentations*, Paris, Masson.

Gathercole, S.E., & Baddeley, A. (1993). *Working memory and language*. Hove, U.K.: Lawrence Erlbaum Associates.

Gyselinck, V. (1995). *Les modèles mentaux dans la compréhension de textes : le rôle des illustrations*. Thèse de doctorat de Psychologie, Université René Descartes, Paris V.

- Gyselinck, V., Ehrlich M.-F., Cornoldi C., De Beni R. & Dubois V. (1998). L'intégration d'informations verbales et iconiques dans la compréhension de notions scientifiques : prendre en compte les contraintes cognitives des apprenants. In J.-F. Rouet et B. de la Passardière (Eds.). « *Hypermédiat et Apprentissage* » (pp. 187-197). Paris, INRP et EPI.
- Gyselinck, V., Cornoldi, C., Ehrlich, M.-F., Dubois, V., & De Beni, R. (1999). Visuospatial memory and phonological loop in processing texts and illustrations (Submitted).
- Gyselinck, V., Ehrlich, M.-F., Cornoldi, C., De Beni, R. & Dubois, V. (1999). Visuospatial working memory in learning from multimedia systems. *Journal of Learning Computer Assisted Learning*, in press.
- Gyselinck, V. & Tardieu, H. (1999). The role of illustrations in text comprehension : what, when, for whom, and why? In S. R. Goldman and H. van Oostendorp (Eds.), *The Construction of Mental Representations During Reading*. N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hegarty, M., & Just, M.A. (1993). Constructing mental models of machines from texts and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32, 717-742.
- Hegarty, M., Carpenter, P.A., & Just, M.A. (1996). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In R. Barr, M.L. Kamil, P. Mosenthal, & P.D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research*, vol. II, pp 641-668. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1993). La théorie des modèles mentaux. In M.-F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds), *Les Modèles Mentaux : approche cognitive des représentations*, 1-22. Paris : Masson.
- Just, M.A., & Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kruey, P., Sciana, S.C., & Glenberg, A.M. (1994). On-line processing of textual illustrations in the visuospatial sketchpad: Evidence from dual-task studies. *Memory and Cognition*, 22, 261-272.
- Logie, R.H. (1995). Visuo-spatial working memory. Hillsdale (USA), Lawrence Erlbaum Associates.



- Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9, 241-257.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272-277.
- Moleux, H., Seigneuric, A., & Ehrlich, M.-F. (1998). Mémoire phonologique, mémoire de travail et compréhension de l'écrit chez des adolescents présentant une déficience intellectuelle. In F.P. Büchel, J.-L. Paour, Y. Courbois et U. Scharnhorst (Eds.), *Attention, mémoire, apprentissage. Etudes sur le retard mental* (pp. 77-88). Lausanne, Edition SZH.
- Monnier, C., & Roulin, J.-L. (1994). A la recherche du calepin visuo-spatial en mémoire de travail. *L'Année Psychologique*, 94, 425-460.
- Oakhill, J., & Garnham, A. (Eds) (1996). *Mental models in cognitive science*. Hove (UK), Psychology Press.
- Orsini, A., Grossi, D., Capitani, E., Laiacona, M., Papagno, C., & Vallar, G. (1987). Verbal and spatial immediate memory span: Normative data from 1355 adults and 1112 children. *Italian Journal of Neurological Sciences*, 6, 539-548.
- Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1999). The role of distinct components of visuo-spatial working memory in the processing of texts. *Memory*, 7, 19-41.
- Seigneuric, A. (1998). *Mémoire de travail et compréhension de l'écrit chez l'enfant*. Thèse de Doctorat. Université René Descartes, Paris.
- Seigneuric, A., Ehrlich, M.-F., Oakhill, J., & Yuill, N. (1998). Working memory resources and children's reading comprehension, *Reading and Writing*, (in press).
- Vecci, T., Monticelli, M.L., & Cornoldi, C. (1995). Visuo-spatial working memory : Structures and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549-1564.
- Wenger, M.J., & Payne, D.G. (1996). Comprehension and retention of non linear text: Considerations of working memory and material appropriate processing. *American Journal of Psychology*, 109, 93-130.