



**HAL**  
open science

# Étude de codages catégoriels et métriques de l'information visiospatiale et de leurs conséquences sur les performances des êtres humains et des modèles

Frédéric Alexandre

► **To cite this version:**

Frédéric Alexandre. Étude de codages catégoriels et métriques de l'information visiospatiale et de leurs conséquences sur les performances des êtres humains et des modèles. 2005. hal-00003497

**HAL Id: hal-00003497**

**<https://hal.science/hal-00003497v1>**

Preprint submitted on 20 Jan 2005

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Étude de codages catégoriels et métriques de l'information visiospatiale et de leurs conséquences sur les performances des êtres humains et des modèles

Responsable scientifique : Frédéric ALEXANDRE

Frédéric ALEXANDRE  
LORIA-INRIA Lorraine, UMR 7503 Nancy, Équipe CORTEX  
F-54506 Vandoeuvre-les-Nancy  
Tel: 03 83 59 20 53  
E-mail: falex@loria.fr

Sous-thèmes dont relève ce projet :  
Représentation de l'espace  
Déplacements, itinéraires, parcours,  
navigation  
Corps, mouvement, perception des  
objets dans l'espace, handicaps  
Espace, vision, images

## Équipes partenaires

- Équipe CREARE, INSERM U 483, Paris
- Équipe EMC, Université Lyon 2
- Équipe ERIC, Université Lyon 2
- ISC, Lyon
- Équipe GRAPCO, Université Nancy 2
- Institut ISERP, Luxembourg
- Équipe RMN, INSERM U 438, Grenoble

## Résumé signalétique

La nature du codage de l'information est un élément essentiel pour une meilleure compréhension de la cognition spatiale. Ce projet a eu pour origine l'existence de deux sous-systèmes visiospatiaux, respectivement localisés dans les hémisphères cérébraux droit et gauche, qui génèrent une représentation métrique (position exacte, mesurée) ou une représentation catégorielle (position relative) de l'espace. Notre but a été d'étudier l'émergence de ces représentations et de leurs interactions à travers leurs aspects temporels (genèse de ces phénomènes) et différentiels (stratégies d'utilisation des représentations). Une première expérimentation par IRMf s'est intéressée à l'aspect différentiel de l'utilisation de ces codages pour une tâche de type mémoire de travail visuo-spatiale. Une deuxième expérimentation IRMf a choisi une tâche perceptive plus simple pour se focaliser sur l'interaction entre ces codages. Les deux modélisations informatiques proposées se situent également à deux niveaux différents : l'une, principalement neuromimétique, est fondée sur une modélisation de cartes corticales, l'autre, également connexionniste, mais permettant une approche fonctionnelle de la problématique, s'est appuyée sur l'analyse de la complexité des architectures de réseaux de neurones artificiels. Outre les retombées de ces expérimentations pour les neurosciences (mise au point de protocoles d'IRMf, localisation des circuits cérébraux impliqués) et l'informatique (modèles neuromimétiques originaux, étude de complexité et théorie de l'apprentissage), ce projet s'est en premier lieu centré sur la validation d'hypothèses fonctionnelles de la psychologie cognitive (localisation hémisphérique et effet de pratique) et des hypothèses opératoires de la psychologie différentielle (lien entre mode et efficacité des encodages spatiaux et localisation cérébrale). La valorisation applicative de ce projet se situe principalement dans le domaine de la psycho-pédagogie, puisque les circuits fonctionnels impliqués semblent jouer un rôle important dans des tâches de résolution de problèmes telles qu'on les retrouve également dans le contexte des apprentissages scolaires.

*Mots-clés* : codages catégoriels et métriques • stratégies de codage spatial • cortex pariétal • expérimentations IRMf • modélisation informatique

*Nombre de participants* : Informatique : 7 ; Sciences Cognitives : 4,5 ; Neurosciences : 2 ; Psychologie : 4 ; Physique : 0,5  
*Nombre total d'homme-mois* : 83

## Rappel des enjeux et objectifs fixés à l'origine

En résumé, ce projet avait pour but d'étudier les aspects temporels (genèse) et différentiels (stratégies d'utilisation) de l'émergence et de l'interaction de deux sous-systèmes visiospatiaux, respectivement localisés dans les hémisphères cérébraux droit et gauche, qui généreraient une représentation métrique (position exacte) ou une représentation catégorielle (position relative) de l'espace. A chacun de ces deux points (aspects différentiels et aspects temporels) devaient correspondre une expérimentation en IRMf et une modélisation informatique.

En ce qui concerne le calendrier prévisionnel, il peut être résumé par la mise au point méthodologique (6 mois), par la réalisation (12 mois) et par l'exploitation des données (6 mois) des deux expérimentations en IRMf, respectivement sur les aspects temporels et différentiels. Ces expériences devaient se dérouler en parallèle avec deux modélisations informatiques (l'une neuromimétique d'inspiration biologique pour les aspects fonctionnels et l'autre connexionniste d'inspiration mathématique pour les aspects de complexité), incluant 12 mois pour la mise au point des mécanismes élémentaires et 12 mois pour leur intégration dans des systèmes complets. Enfin, du temps était également prévu en milieu et en fin de projet pour la mise en commun et l'interprétation

des résultats selon les différents domaines pluridisciplinaires engagés.

Ce projet devait nous donner avant tout une meilleure connaissance et une plus large expérience de ces mécanismes et de leur approche multidisciplinaire. En dehors de cet aspect central, les répercussions directement issues des expérimentations devaient permettre une meilleure connaissance anatomique et fonctionnelle et donner de nouveaux protocoles d'investigation aux neurosciences. Elles devaient également déboucher sur une efficacité accrue pour les modèles informatiques et permettre de valider certaines hypothèses émises par la psychologie cognitive. Il y avait enfin des retombées fondamentales pour la psychologie différentielle, concernant le développement d'instruments psychométriques permettant d'évaluer la qualité des codages spatiaux réalisés, afin de pouvoir inférer à un niveau psychologique quels sont les sous-systèmes de codage qui sont utilisés par un sujet particulier face à une tâche nécessitant des codages spatiaux. Le projet devait également clarifier la relation qui existe entre l'efficacité d'encodage spatial dont un sujet est capable et ses performances dans des tâches de résolution de problèmes, afin de clarifier l'apport des circuits fonctionnels d'encodage spatial à des activités cognitives complexes.

## Résumé des résultats effectivement atteints

La première expérimentation en IRMf (aspects différentiels) a permis d'élaborer une tâche dont les variations du niveau de complexité amènent un encodage de type catégoriel ou métrique, qui est modulé par le niveau de performance des sujets, ce qui a permis de sélectionner des sujets contrastés pour l'expérimentation proprement dite. Les premiers résultats de cette expérimentation indiquent surtout (pour les neurosciences et les sciences cognitives) l'utilisation plus importante d'un circuit fonctionnel attentionnel (circuit pariéto-frontal à droite) pour la tâche métrique et (pour la psychologie et la psychopédagogie) une relation entre le mode de résolution (accessible par la psychométrie) et la localisation cérébrale, tout ceci étant à moduler par la compétence de l'individu sélectionné, ce qui correspond bien à une approche différentielle. En plus, les résultats obtenus au niveau psychologique indiquent que l'utilisation efficace du circuit pariéto-frontal sur des tâches d'encodage complexes semble covarier avec la performance dans des tâches cognitives de haut niveau mesurant l'intelligence fluide.

La première modélisation informatique s'est basée sur ces résultats pour proposer de nouveaux modèles neuromimétiques qui se distinguent plus particulièrement sur deux points. D'une part, le réseau des aires impliquées varie en fonction de la tâche en faisant appel (ou non) à un mécanisme d'attention sélective. D'autre part, les unités modélisées diffèrent principalement selon leur hémisphère d'appartenance par un traitement plutôt temporel (à gauche) ou spatial (à droite) de l'information. Ces résultats ont des répercussions sur les neurosciences par les hypothèses posées et sur l'informatique par la définition de modes originaux pour le traitement de l'information visiospatiale.

La deuxième expérimentation en IRMf (aspects temporels)

a tout d'abord dû faire un développement spécifique pour traiter le décours temporel des activations en IRMf. Cette étude a permis de répliquer des résultats sur l'asymétrie hémisphérique générée par cette tâche, tout en relativisant, comme l'a fait aussi la première expérimentation en IRMf, l'implication de l'hémisphère gauche pour la tâche catégorielle. En ce qui concerne l'aspect temporel, l'observation en fin d'expérimentation, en particulier pour les stimuli faciles, d'une disparition d'activité à droite au profit du pariéto-gauche renforce l'hypothèse posée sur les différences de stratégies en fonction de la pratique, ce qui intéresse aussi bien les neurosciences que la psychologie cognitive.

La deuxième modélisation informatique a permis de renforcer certaines des hypothèses de l'expérimentation précédente avec l'aide de la théorie de l'apprentissage. Ainsi le lien entre la taille des champs récepteurs et la nature de la tâche a été établi expérimentalement. Le lien entre l'effet de pratique et le choix de la stratégie a tout d'abord été mesuré puis modélisé plus finement. Enfin, ce dernier point a été approfondi en faisant ici aussi la distinction entre stimuli faciles et difficiles. Ces résultats intéressent la psychologie cognitive (étude des stratégies), mais aussi le domaine de la théorie de l'apprentissage.

## Publications issues du projet

- S. Jamoussi, Implantation d'une carte associative sur un robot autonome, Rapport de stage de DEA, UHP, Nancy, 2000.
- J.-Ph. Magué, « Modèles connexionnistes pour l'étude de la cognition spatiale: codages catégoriels et coordonnés ». Rapport de stage du DEA de Sciences Cognitives, Universités Lyon2 et Lyon1. Juin 2001.
- J. Besle, « Modélisation connexionniste d'un processus de haut niveau: encodage de relations spatiales ». Rapport de stage de Maîtrise de Sciences Cognitives, Université Lyon2 et Lyon1. Juin 2001.
- H. Paugam-Moisy, D. Puzenat, E. Reynaud, J.-Ph. Magué, « Neural networks for modeling memory: Case studies ». In Proc of ESANN'2002, European Symposium on Artificial Neural Networks, (to appear). Bruges, Belgium. April 2002.
- Martin, R. & Houssemand, C. (2001). Variabilité individuelle d'encodage spatial. In A. Flieller, C. Bocéréan, J.-L. Kop, E. Thiébaud, A.M. Toniolo & J. Tournois (Eds.), Questions de psychologie différentielle (pp. 147-152). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Martin, R. & Houssemand, C. (à paraître). Intérêts et limites de la chronométrie mentale dans la mesure psychologique, Bulletin de Psychologie.

