

Le but de cette thèse est de comprendre comment s'opère la sélection corticale des fréquences spatiales dans le cadre de la reconnaissance de scènes naturelles. Cette étude a été menée par le biais de l'IRM fonctionnelle, accompagnée d'études comportementales à la fois chez le sujet sain et en neuropsychologie.

Un principe de traitement 'Coarse to Fine'

Les données issues de la psychophysique [1], de la neuroanatomie fonctionnelle des voies visuelles [2], de la catégorisation « ultra-rapide » chez l'homme et le singe [3] et de la simulation [4] convergent sur l'idée que l'analyse visuelle débute par une extraction en parallèle de différents attributs visuels élémentaires, à différentes échelles ou fréquences spatiales (FS) selon le principe de traitement 'Coarse to Fine' suivant : l'information en basses fréquences spatiales (BFs) portée par la voie magnocellulaire rapide permettrait une catégorisation initiale, confirmée ou réfutée par l'information en hautes fréquences spatiales (HFs) portée par la voie parvocellulaire plus lente [5].

Objectif 1

Cette thèse s'inscrit dans un projet de recherche qui vise à spécifier et modéliser l'analyse visuelle. L'objectif de cette modélisation est de voir comment les attributs visuel élémentaires extraits au niveau cortical par des bancs de filtres passe-bande orientés peuvent être utilisés en vue de la perception des scènes et des objets. Ainsi, les données obtenues permettront de mieux contraindre cette modélisation [6][7].

La spécialisation hémisphérique

Des travaux réalisés en neuropsychologie et en imagerie fonctionnelle cérébrale suggèrent que chaque hémisphère (au niveau de la jonction temporo-pariétale - JTP) jouerait un rôle crucial dans le traitement des fréquences spatiales (cf. Fig. 1). **La JTP droite serait préférentiellement impliquée dans l'analyse des BFs alors que la gauche serait impliquée dans l'analyse des HFs [8].**

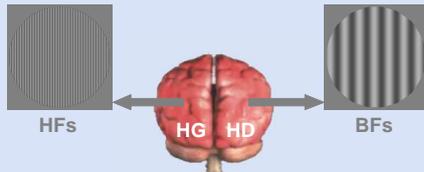


Figure 1 : spécialisation hémisphérique dans le traitement des fréquences spatiales

Objectif 2

L'hypothèse d'une spécialisation hémisphérique du traitement des fréquences spatiales est inférée d'études ne manipulant ni directement, ni explicitement les composantes fréquentielles des stimuli. Ainsi, les scènes naturelles, stimuli plus écologiques que ceux habituellement utilisés dans la littérature, permettent une manipulation explicite des composantes fréquentielles (cf. Fig. 2).



Figure 2 : de gauche à droite, une scène naturelle d'autoroute normale, filtrée en BFs et filtrée en HFs

Étude en Psychologie Cognitive

Partenariat : Laboratoire des Images et des Signaux (LIS) UMR – CNRS 50855, Grenoble

Matériel et Méthode

Stimuli :
2 scènes naturelles appartenant à des catégories perceptives/sémantiques différentes (une autoroute et une ville).

Paradigme expérimental des champs divisés :
Présentation brève (100 ms) et aléatoire

- soit dans le champ visuel droit (ChpVD)/hémisphère gauche (HG),
- soit dans le champ visuel gauche (ChpVG)/hémisphère droit (HD).

Composantes en fréquences spatiales des scènes (cf. Fig. 2) :

- scènes non filtrées
- scènes filtrées en BFs
- scènes filtrées en HFs

Procédure :

Les sujets ont pour tâche d'appuyer le plus rapidement et précisément possible sur un bouton réponse seulement si une scène naturelle cible (e.g. une autoroute) est présente (cf. Fig. 3).



Figure 3 : le sujet a pour tâche d'appuyer sur le bouton réponse seulement si la scène cible (filtrée ou non en BFs ou HFs) est présente.

Résultats

Les résultats montrent que les hémisphères diffèrent significativement dans le traitement des fréquences spatiales. On observe une supériorité de l'HD lors du traitement des scènes naturelles en BFs et un avantage de l'HG lors du traitement des scènes naturelles en HFs [9]. Cependant, il serait audacieux de conclure à une spécialisation hémisphérique du traitement des FS sur la base de ces seuls résultats comportementaux. Dans le but d'obtenir des preuves anatomofonctionnelles corroborant cette asymétrie comportementale, une étude en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) a été réalisée.

Adaptation du protocole expérimental utilisé au cours de l'étude comportementale à la technique de l'IRMf afin de localiser les **substrats anatomiques** impliqués dans le traitement des fréquences spatiales et de confronter les résultats à l'hypothèse d'une **asymétrie hémisphérique** de ce traitement.



Étude en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle – IRMf

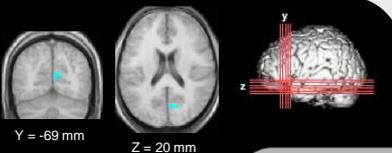
Partenariat : Unité IRM, CHU de Grenoble & INSERM U438/UJF, CHU de Grenoble

Résultats

Effet des BFs

Contraste BFs – HFs ($p < .001$ non corrigée)

Aire visuelle secondaire et tertiaire droite
(Aire de Brodmann 18/19)



Effet des HFs

Contraste HFs – BFs ($p < .05$ non corrigée)

Jonction temporo-pariétale-occipitale gauche
Gyrus temporal médian gauche
(Aire de Brodmann 39)



L'imagerie confirme la latéralisation hémisphérique du traitement fréquentiel. Cependant, si comme attendu le traitement des HFs active la jonction temporo-pariétale gauche, ce n'est pas le cas des BFs qui activent une zone corticale droite plus primaire.

L'étude de patients cérébrolésés peut permettre de préciser le rôle du cortex visuel.

Étude en Neuropsychologie

Partenariat : Fondation Ophthalmologique Rothschild

Étude en cours de la catégorisation de scènes naturelles sur des patients atteints d'une **Hémianopsie Latérale Homonyme** (lésion du cortex visuel primaire). Cette dernière étude contribuera :

- à évaluer la part du cortex visuel primaire dans les asymétries cérébrales obtenues lors du traitement des fréquences spatiales,
- à tester et à affiner les **modèles de la perception visuelle**, basés pour l'essentiel sur les propriétés du cortex visuel primaire, par le biais de patients atteints d'une lésion de ce cortex,
- et en retour, à en déduire des **méthodes de prise en charge**.

Conclusion

Nos études conjointes en Psychologie Cognitive et Imagerie Fonctionnelle Cérébrale fournissent la première preuve empirique d'une **spécialisation hémisphérique du traitement des fréquences spatiales** (supériorité de l'HD dans le traitement des BFs et supériorité de l'HG dans le traitement des HFs) lors d'une catégorisation de scènes naturelles filtrées.

L'ensemble de ces travaux vise à mieux comprendre la nature et la gestion au niveau cortical des processus impliqués dans l'analyse et la reconnaissance visuelle et va permettre de :

- contraindre la modélisation de l'analyse visuelle,
- déduire des **méthodes de prise en charge de patients cérébrolésés** (atteints d'une Hémianopsie Latérale Homonyme),
- s'inspirer des principes biologiques de la perception visuelle pour **réaliser des systèmes capables d'indexer et de retrouver des images dans des bases de données** (projet Emergence ASCII [10]).

Bibliographie

- Cleburg, A. P. (1988). Spatial filtering and visual form perception. In L. K. J. T. K. Buff (Ed.), *Handbook of perception and human performance* (Vol. II, chap.34, pp. 1-41). NY: Wiley.
- Van Essen, D. C., Drury, H. A., Josh, S., & Miller, M. L. (1998). Functional and structural mapping of human cerebral cortex: Solutions are in the surface. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 95, 788-795.
- Fabre-Thorpe, M., Richard, G., & Thorpe, S. J. (1998). Rapid categorization of natural images by rhesus monkeys. *Neuroreport*, 9(2), 303-308.
- Hérault, J., Oliva, A., & Guérin-Dugue, A. (1997). Scene categorisation by curvilinear component analysis of low frequency spectra. *Proceedings of the 5th European Symposium on Artificial Neural Networks*, p. 91-96. Bruxelles: D'facto publications.
- Marendaz, C., Roussel, S., & Chamallet, A. (in press). Reconnaissance des scènes, des objets et des visages. In A. Delorme & M. Puckiger (Eds.), *Perception et Réalité*. Montréal: Guérin Morin Editeur.
- Chauvin, A., Hérault, J., Marendaz, C., & Peyrin, C. (2002). Natural scene perception: Visual attractors and images processing. In W. Lowe & J. Bullinaria (Eds.), *Seventh Neural Computation and Psychology Workshop: Connectionist Models of Cognition and Perception* (pp. 27-39). Brighton (Singapore): World Scientific.
- Chauvin, A., Gayraud, N., Marendaz, C., & Hérault, J. (2002). Argument for scene categorization with image amplitude spectra. *Perception*, 31, 132-133.
- Ivry, R. B., & Robertson, L. C. (1998). *The two sides of perception*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Peyrin, C., Chauvin, A., Marendaz, C., & Chokron, S. (in press). Hemispheric specialization for spatial frequency processing in the analysis of natural scenes. *Brain and Cognition*.
- Perception des scènes et des objets.