

Reconnaissance des scènes naturelles :

Spécialisation hémisphérique du traitement des fréquences spatiales

Carole Peyrin¹, Monica Baciou¹,
Christian Marendaz¹ et Christoph Segebarth²

¹ Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, CNRS UMR 5105, Grenoble, France
² UM INSERM / Université Joseph Fourier U594, LCR-CEA, Grenoble

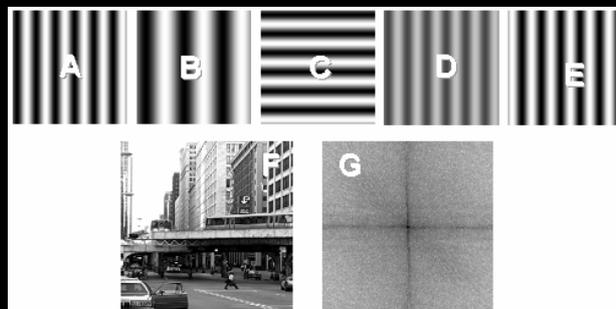
Le modèle fréquentiel

Idées de base :

1 - Au niveau rétinien, un stimulus visuel correspond à une distribution spatio-temporelle de luminance et de chrominance.

Concentration des recherches sur la distribution de luminance

Décomposition d'un stimulus visuel en une **somme de réseaux sinusoïdaux** correctement choisis en **fréquences spatiales**, en **orientation**, en **amplitude** et en **phase**.



Le modèle fréquentiel

2 - Le système perceptif est capable d'analyser cette distribution spatiale de luminance

- Extraction en parallèle, de manière locale, des attributs visuels élémentaires à différentes échelles spatiales (fréquences spatiales),
- avec une préférence temporelle des plus basses fréquences spatiales (BFs) sur les plus hautes fréquences spatiales (HF).

Le traitement précoce des BFs fournirait un aperçu global de la structure spatiale du stimulus visuel et permettrait une première catégorisation perceptive qui serait affinée, validée ou infirmée par les informations issues des HF dont le traitement est plus tardif.



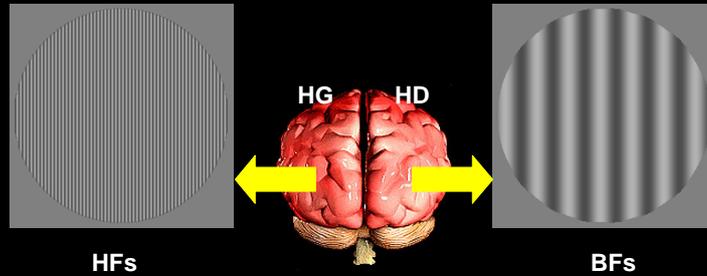
Buts

- Spécifier et modéliser l'analyse visuelle en étudiant la nature des processus corticaux impliqués dans la reconnaissance visuelle.
- Méthode d'approche =>

La spécialisation hémisphérique

La spécialisation hémisphérique

Étude comportementale (Sergent, 1982 ; Kitterle et al., 1990)



Neuropsychologie

(Robertson et al. 1988, Robertson et al., 1991 ; Rafal et Robertson, 1995)

Imagerie fonctionnelle cérébrale

(Fink et al., 1996 ; Heinze et al., 1998 ; Martinez et al., 1997 ; Yamaguchi et al., 2000 ; Han et al., 2002)

Jonction temporo-pariétale

Problématique (1)

1. Problèmes relatifs à toutes ces études : le choix du paradigme expérimental

Utilisation du paradigme expérimental des formes hiérarchiques (Navon, 1977) sans manipulation directe et explicite des composantes fréquentielles des stimuli

Congruence (Cg)		
H	H	SSSSS
H	H	S
H	H	S
H H H H	H	SSSSS
H	H	S
H	H	S
H	H	SSSSS
Non Congruence (Ncg)		
S	S	HHHHH
S	S	H
S	S	H
S S S S	S	HHHHH
S	S	H
S	S	H
S	S	HHHHH

Étude comportementale en psychologie cognitive

=> manipulation explicite des fréquences spatiales de scènes naturelles

Problématique (2)

2. Problèmes relatifs aux études réalisées en imagerie fonctionnelle cérébrale :

-> Divergences concernant l'existence d'une asymétrie cérébrale au niveau du cortex occipital

Identification d'une asymétrie cérébrale dès le cortex occipital (Fink et al., 1996 ; Martinez et al., 1997 ; Han et al., 2002) non observée par Heinze et al. (1998)

-> Aucune comparaison directe entre hémisphères

Étude en IRMf événementielle

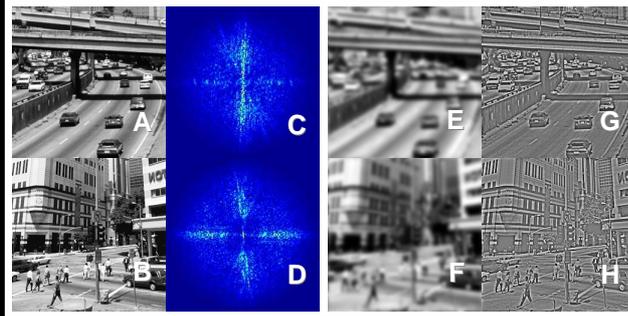
=> identifier les substrats anatomiques impliqués dans le traitement des fréquences spatiales en comparant directement les deux hémisphères et confrontation à l'hypothèse d'une asymétrie fonctionnelle cérébrale

**Étude comportementale en
psychologie cognitive**

Les scènes naturelles – Intérêts et Stimuli

Intérêts principaux:

- 1- Stimuli complexes et écologiques
- 2 - Manipulation de l'ensemble du contenu en fréquences spatiales et à l'issue de cette manipulation de conserver une gamme plus étendue de fréquences spatiales.



Stimuli :

- 2 scènes naturelles appartenant à 2 catégories perceptives/sémantique différentes (autoroute et ville).
- Orientations dominantes similaires (spectre d'amplitude)
- Photographies carrées en 256 niveaux de gris
- Taille : 256/256 pixels => 4° d'angle visuel
- Filtrage passe-bas (<4 cpd)
- Filtrage passe-haut (>6 cpd)

Procédure expérimentale

Un essai...

Sujets : 10 hommes droitiers



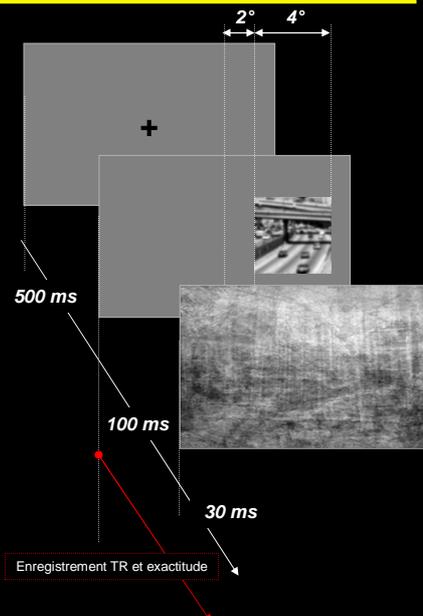
Tâche : reconnaître le plus rapidement et précisément possible une scène cible (soit l'autoroute, soit la ville) déterminée au début de l'expérience
Réponse de type 'go/no-go' avec la main dominante droite

Composantes fréquentielles des scènes naturelles

Non filtrées (NF)
Basses fréquence spatiales (BFs)
Hautes fréquences spatiales (HFs)

Présentation en champ visuel divisé

Présentation brève (100 ms) et latéralisée (soit dans le chpVD/HG, soit dans le chpVG/HD)



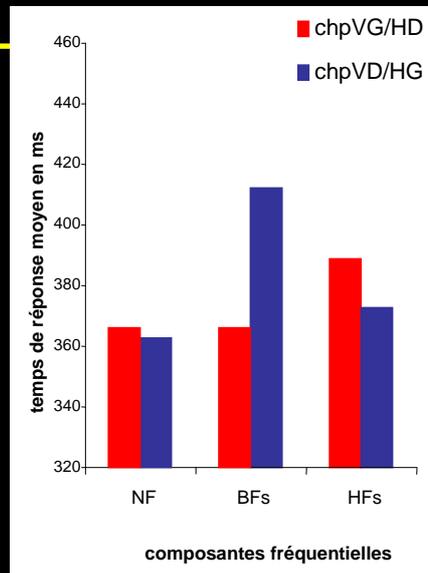
Résultats

- Interaction significative champs visuels (droit/gauche)*composantes fréquentielles (NF/BFs/HFs) $F(2, 16)=9.49, p<.002$
- Pas d'avantage d'un champ visuel pour le traitement des scènes non filtrées $F(1,8)<1$
=> absence d'asymétrie hémisphérique
- Reconnaissance de la scène cible en BFs est significativement plus rapide dans chpVG/HD que dans chpVD/HG $F(1,8)=11.25, p=.01$
- Reconnaissance de la scène cible en HF est plus rapide dans chpVD/HG que dans chpVG/HD, bien que cette différence n'atteigne pas le seuil de significativité $F(1,8)=2.19, p=.18$

Conclusion

Les résultats montrent que les hémisphères diffèrent dans le traitement des fréquences spatiales (supériorité de l'HD dans le traitement des BFs et supériorité de l'HG dans le traitement des HF)

Cette étude confirme l'hypothèse d'une asymétrie hémisphérique en manipulant explicitement les fréquences spatiales



(Peyrin et al., Brain and Cognition, in press)

Étude en IRMf événementielle

Méthode

Sujets : 16 hommes volontaires sains

Stimuli : 2 scènes naturelles (autoroute ou ville) présentées 100 ms en vision centrale

Tâche : identique à l'expérience comportementale excepté une présentation des stimuli au centre du champ visuel

Acquisition des données d'IRMf :

- Paradigme pseudo-aléatoire de type événementiel
- Imageur 1.5 Tesla (Phillips NT)
- Acquisitions des images fonctionnelles en mode echoplanar pondéré en T2 (exploitation du contraste BOLD)

Traitement des données :

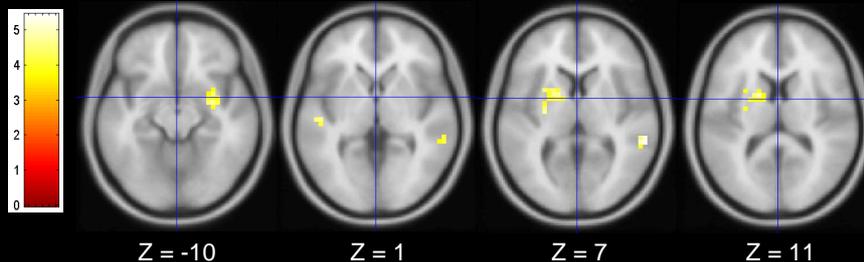
SPM'99 (correction du décalage temporel entre l'acquisition des coupes, réalignement, normalisation, lissage spatial) => Modèle Linéaire Général
Analyse de groupe à effet aléatoire



Résultats d'Imagerie

BFs - HFs

Left/Right	Area	Brodmann areas	No. voxels	Talairach coordinates			T
				x	y	z	
R	Superiortemporal gyrus (post)		8	59	-38	7	5.44
R	Superiortemporal gyrus (ant)		24	32	-4	-10	4.81
L	Superiortemporal gyrus (post)		5	-48	-19	1	4.76
L	Putamen		24	-16	4	11	5.15



=> Activation bilatérale du gyrus temporal supérieur avec une supériorité dans l'HD

HF - BF => aucune activation significative

Comparaison inter-hémisphérique - Méthode

Méthode de traitement des données :

Pour chaque sujet :
Série d'images normalisée en convention neurologique
activation droite = HD et activation à gauche = HG
=> **images non flippées (unflip)**

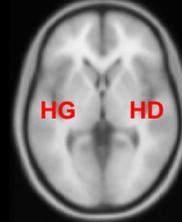
Série d'images normalisée en convention radiologique
activation droite = HG et activation gauche = HD
=> **images flippées (flip)**

Comparaison interhémisphérique => **unflip - flip**

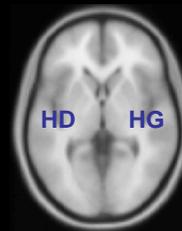
Analyse à effet aléatoire :

- BFs unflip - BFs flip
- HFs unflip - HFs flip
- NF unflip - NF flip

Images non flippées

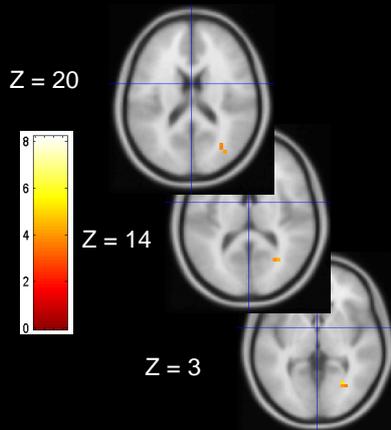


Images flippées



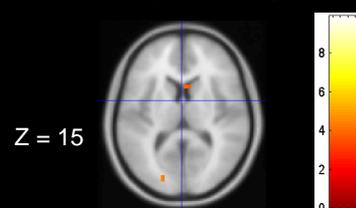
Comparaison hémisphérique - Résultats

BFs unflip – BFs flip



Gyrus occipital moyen droit (BA 19)

HFs unflip – HFs flip



Gyrus occipital moyen gauche (BA 19)

Left/Right	Area	Brodmann areas	No. voxels	Talairach coordinates			T
				x	y	z	
<i>LSP unflipped – LSP flipped</i>							
L		4	72	-40	-17	56	8.21
R		24	13	8	2	33	6.91
R	18/19		11	28	-62	3	5.28
<i>HSP unflipped – HSP flipped</i>							
L		4	35	-40	-16	62	9.87
R		24	18	4	9	27	5.99
R			9	4	-39	2	4.97
L	18/19		5	-20	-85	15	4.58
<i>NF unflipped – NF flipped</i>							
L		4	88	-40	-17	56	7.08
-		24	6	0	20	21	4.11

Conclusion

1 - Les résultats comportementaux ont montré une prédominance de l'HD pour le traitement des BFs et une prédominance de l'HG pour le traitement des HFs

2 - Cette asymétrie fonctionnelle hémisphérique est corroborée pas les données d'IRMf événementielle

Par une comparaison directe des différences inter-hémisphériques, il apparaît que le gyrus occipital moyen serait impliqué asymétriquement dans le traitement des fréquences spatiales.

3 - Activation temporelle bilatérale spécifique au traitement des BFs avec une dominance dans l'HD

Ces résultats suggèrent que le traitement rapide des BFs initie la catégorisation de stimulus visuel.

Remerciements

- Jean-François LeBas (Pr., Unité IRM, CHU de Grenoble)
- Chantal Delon-Martin (CR1, UM INSERM / Université Joseph Fourier U438, LCR-CEA, Grenoble)
- Laurent Lamalle (IR2, UM INSERM / Université Joseph Fourier U438, LCR-CEA, Grenoble)
- Alan Chauvin (Phd, LPNC, CNRS UMR 5105, Grenoble, France)
- Nathalie Guyader (Phd, LPNC, CNRS UMR 5105, Grenoble, France)