

Signaux Images et Modèles de Perception Visuelle

M2 CNA – 2021-2022

Louise Kauffmann

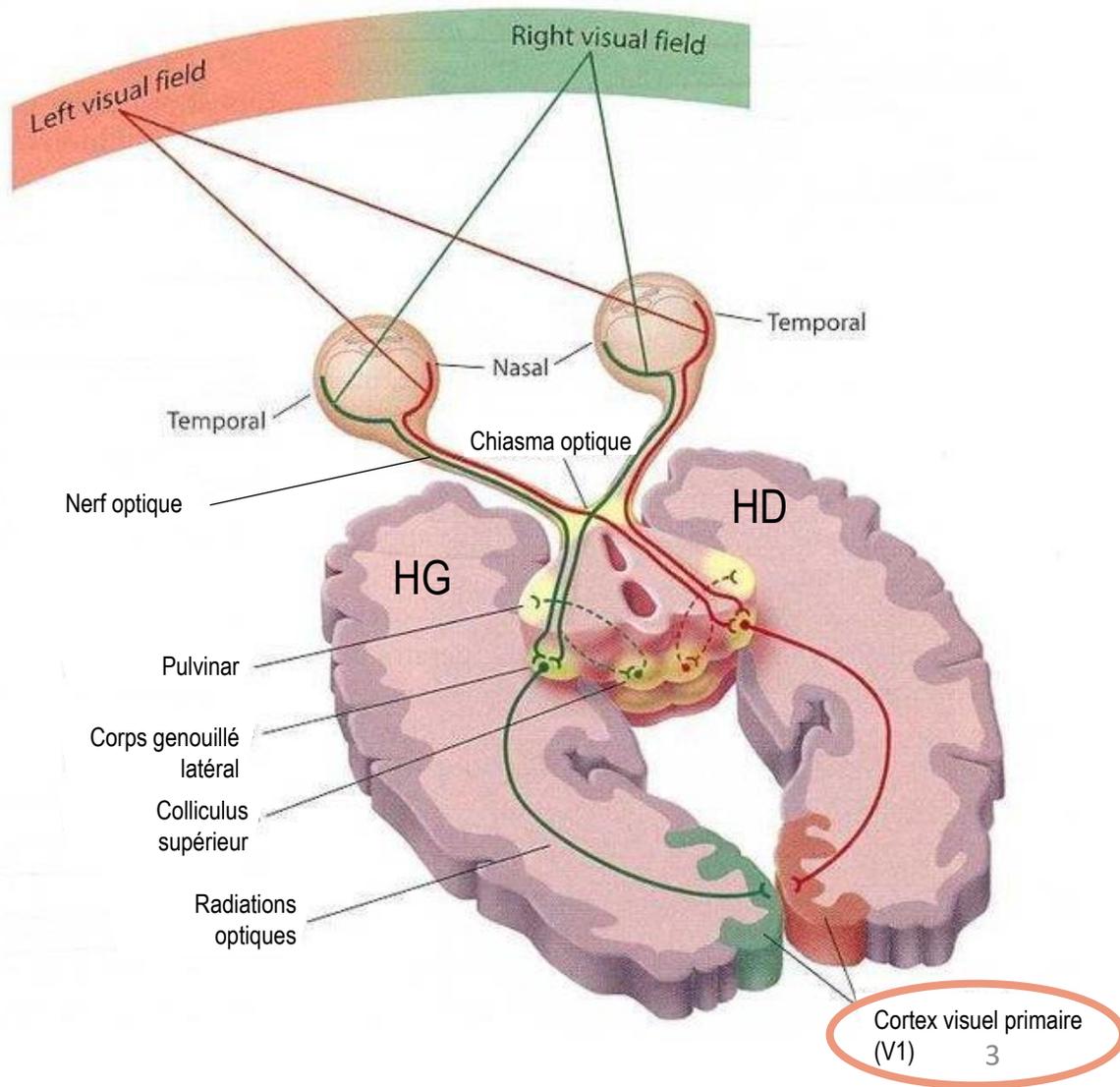
CM3

Rappels CM 1 et 2

- Aboutir à une description d'une scène naturelle (reconnaissance d'objets) pour permettre de la catégoriser ou de prédire ses régions d'intérêts en s'inspirant du système visuel
 - On considère la rétine comme un échantillonneur discret de l'environnement
 - Considérer qu'une image numérique est un modèle de l'image rétinienne
- Le traitement de l'information visuelle débute dès la rétine: Les cellules de la rétine agissent comme des filtres spatiaux permettant la détection des contours à différentes échelles spatiales:
 - Voie M: information grossières (BF) transmise rapidement
 - Voie P: information fine (HF) transmise plus lentement
- En sortie de la rétine, l'information est projetée au CGL puis au cortex visuel primaire
- La ségrégation des informations M et P ainsi que la topologie du champ visuel sur la rétine (rétinotopie) sont préservées le long des voies visuelles

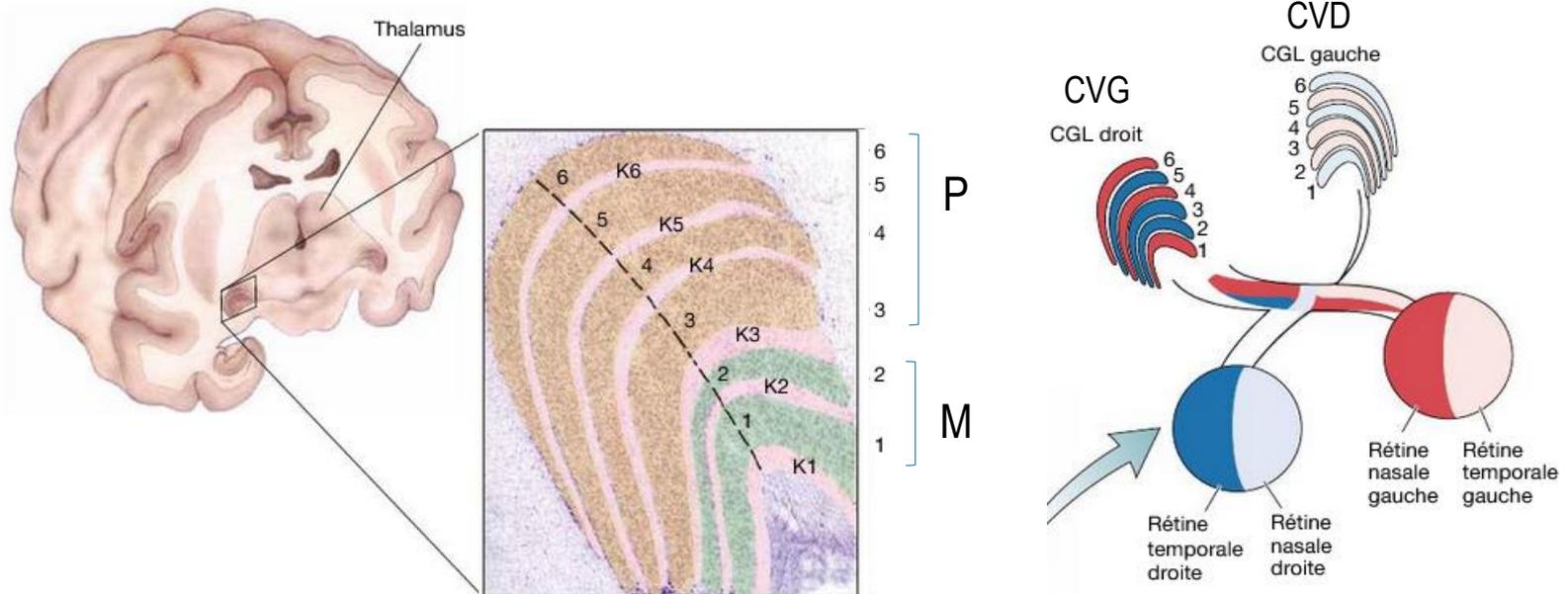
De la rétine au cortex

- ~90% des fibres en sortie du chiasma optique se projettent sur **le corps genouillé latéral (CGL)**
- **Noyau « relai » du thalamus**
- ... puis sur le **cortex visuel primaire** situé dans la partie postérieure du lobe occipital
- → **Voie visuelle primaire : perception visuelle consciente**



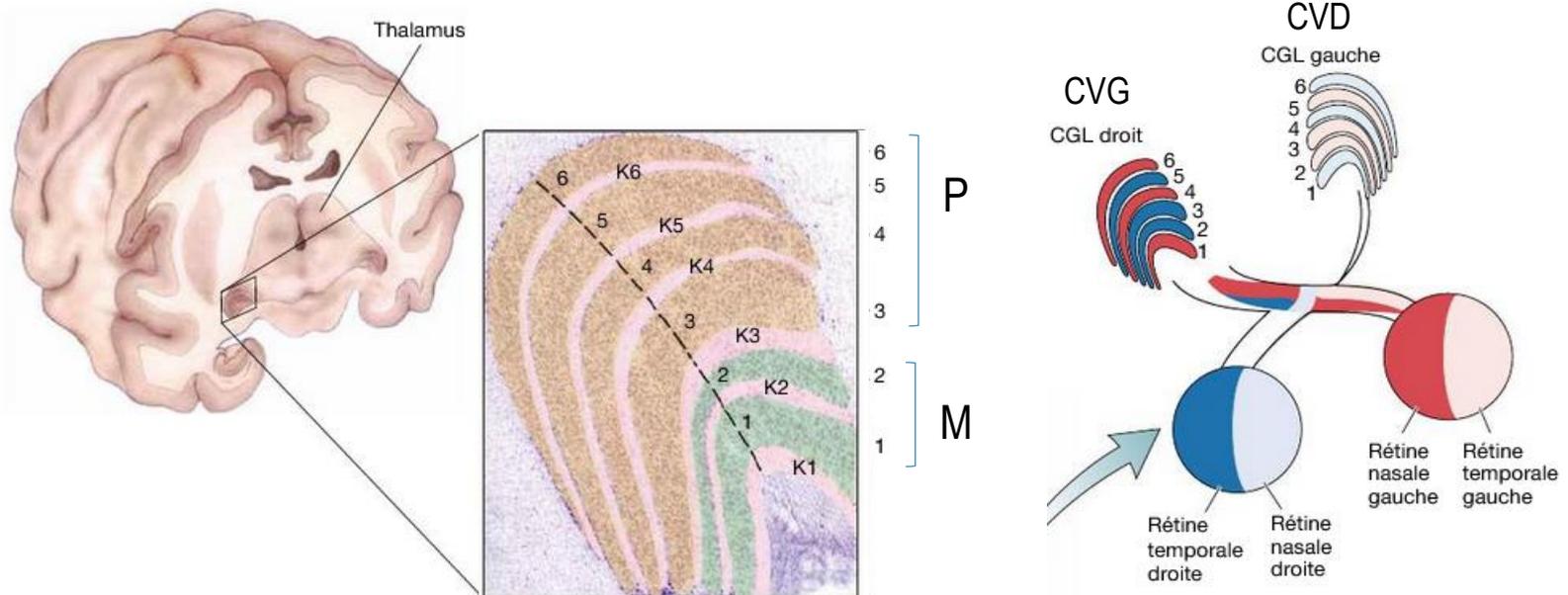
Le corps genouillé latéral (CGL)

- Composé de **6 couches** qui reçoivent les afférences des différents types de cellules ganglionnaires de la rétine:
 - Couches 1-2: afférences **Magnocellulaires**
 - Couches 3-6: afférences **Parvocellulaires**
 - CVD projeté dans GCL gauche et inversement
 - Alternance des informations en provenance des deux yeux
 - Représentation rétinotopique conservée



Le corps genouillé latéral (CGL)

- Les cellules du CGL présentent des propriétés spatio-temporelles similaires à celles des cellules ganglionnaires afférentes: CR de type Centre-Périphérie, avec des réponses M phasique et P toniques, CR des couches M plus larges que celui des couches P
- Rôle dans la perception visuelle? → très négligé dans la littérature, souvent considéré comme simple « relais » de l'information visuelle...



Le corps genouillé latéral (CGL)

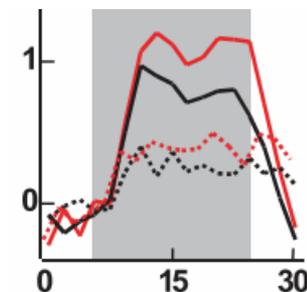
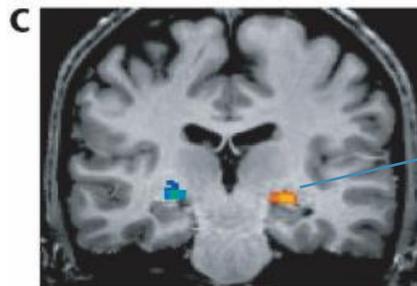
- Pourtant...
- 80% des afférences du CGL ne proviennent pas de la rétine mais du tronc cérébral, et en majorité du cortex visuel primaire → connexions descendantes ou feedback
- Rôle?
- Hypothèse d'un rôle de ces connexions feedback dans la régulation du traitement de l'information rétinienne en fonction de contraintes attentionnelles ou d'attentes → rôle cognitif du CGL?
- Exemple:

Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus

Daniel H. O'Connor, Miki M. Fukui, Mark A. Pinsk and Sabine Kastner

Department of Psychology, Center for the Study of Brain, Mind, and Behavior, Princeton University, Green Hall, Princeton, New Jersey 08544, USA
Correspondence should be addressed to S.K. (skastner@princeton.edu)

Published online 15 October 2002; doi:10.1038/nn957

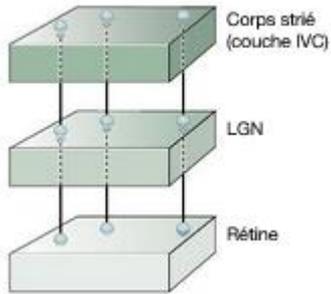


Attention portée au stimulus

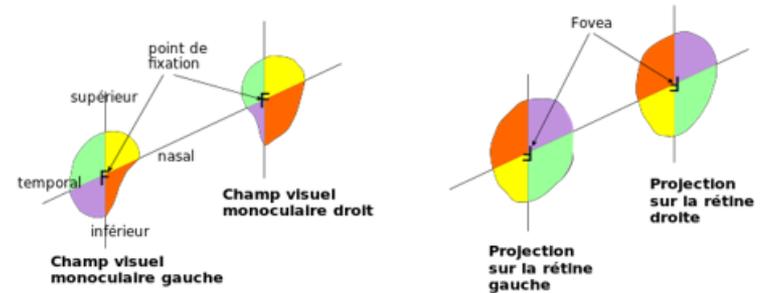
Perception passive

Le cortex visuel primaire V1

Rappels:

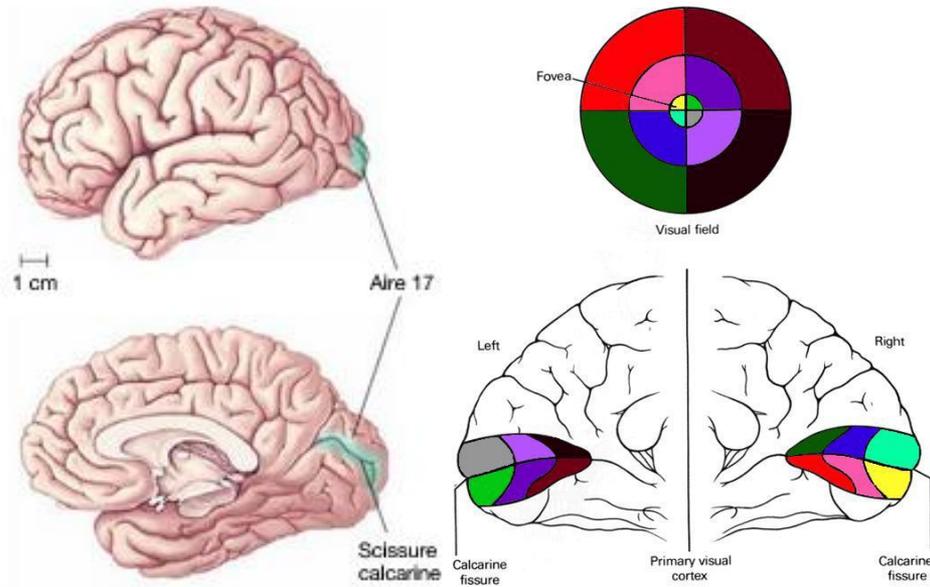


- **Conservation de la topologie du champ visuel sur la rétine (= rétinotopie) le long du nerf optique et dans le CGL**
- **... et aussi au niveau de V1**

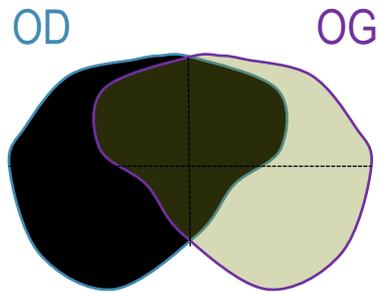


Organisation rétinotopique du cortex visuel:

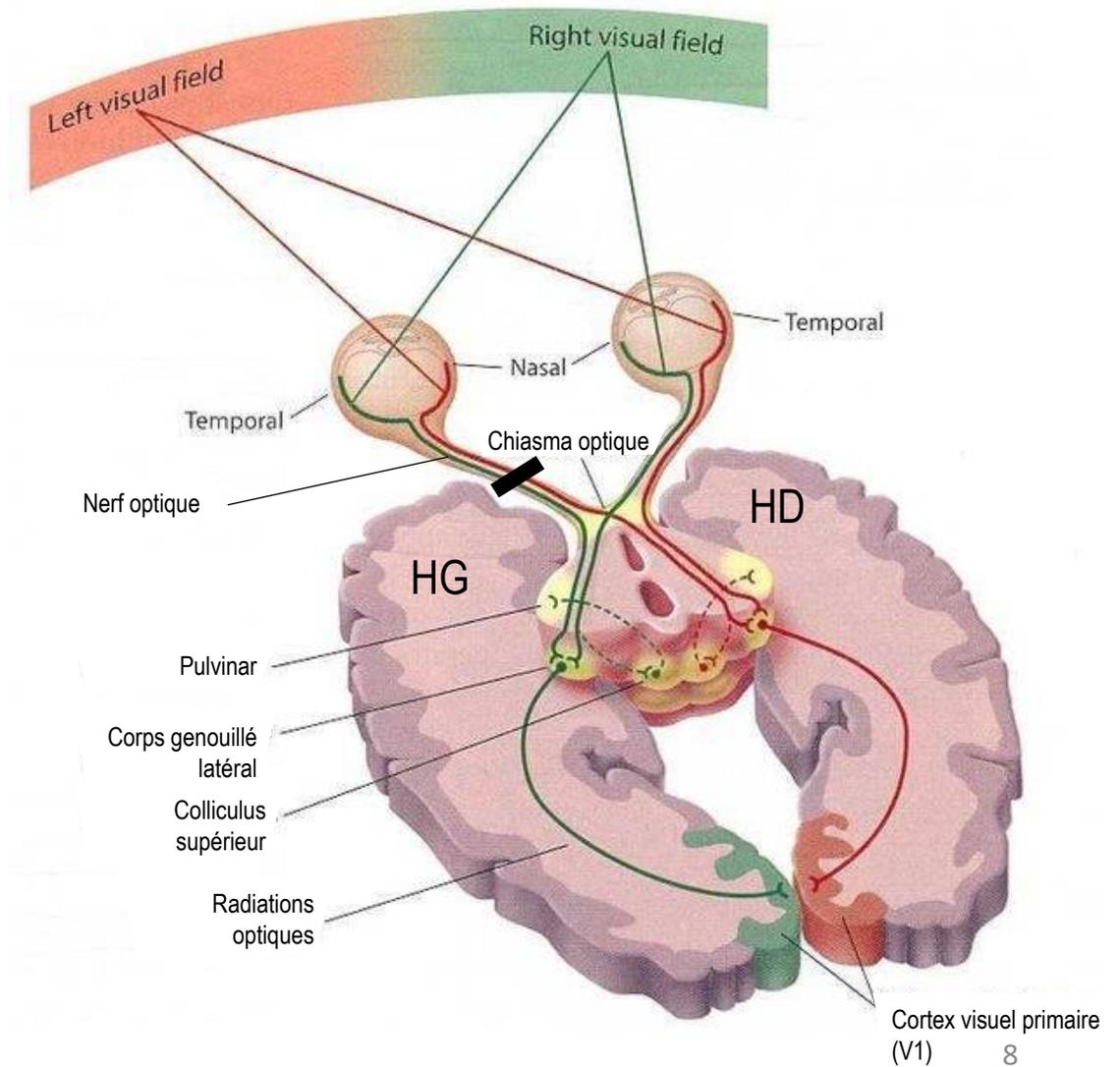
- L'hémichamp visuel supérieur (haut) se projette dans la partie ventrale (bas) de V1
- L'hémichamp visuel inférieur (bas) se projette dans la partie dorsale (haut) de V1
- L'information centrale du CV se projette dans la partie latérale postérieure (arrière) de V1
- L'information périphérique du CV se projette dans la partie médiale antérieure (avant) de V1



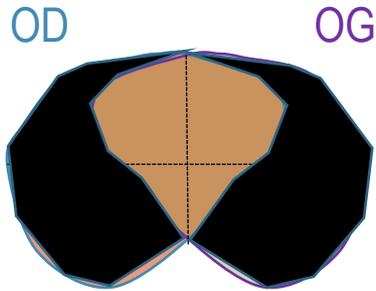
Conséquences de lésions le long de la voie visuelle primaire



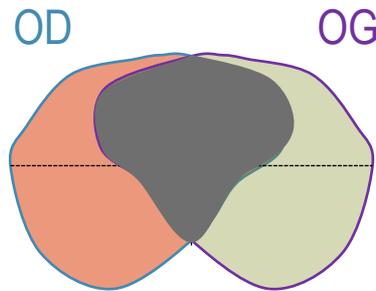
Cécité monoculaire



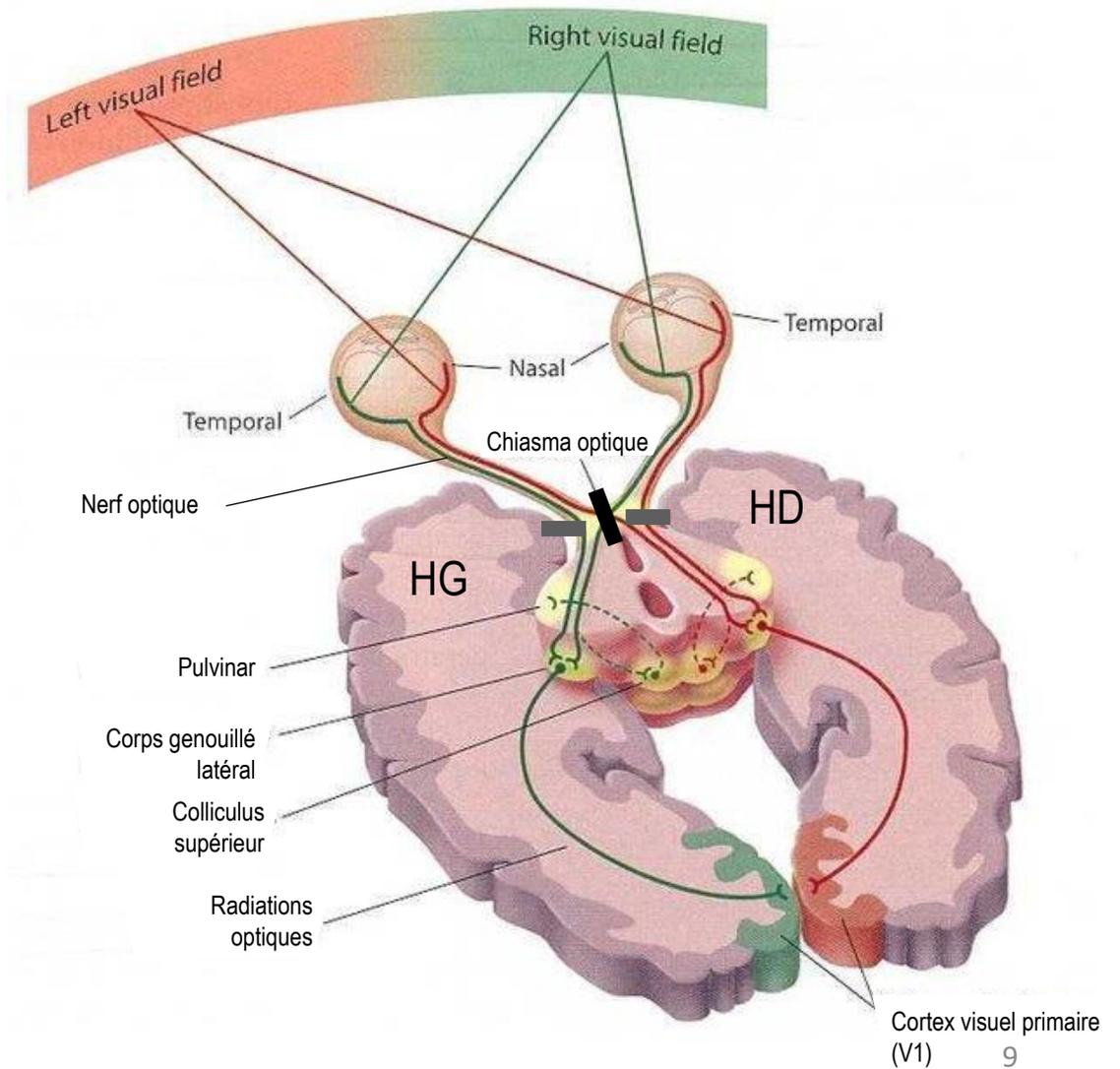
Conséquences de lésions le long de la voie visuelle primaire



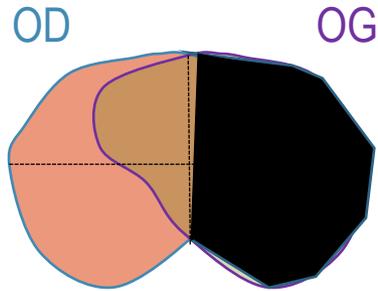
Hémianopsie bitemporale



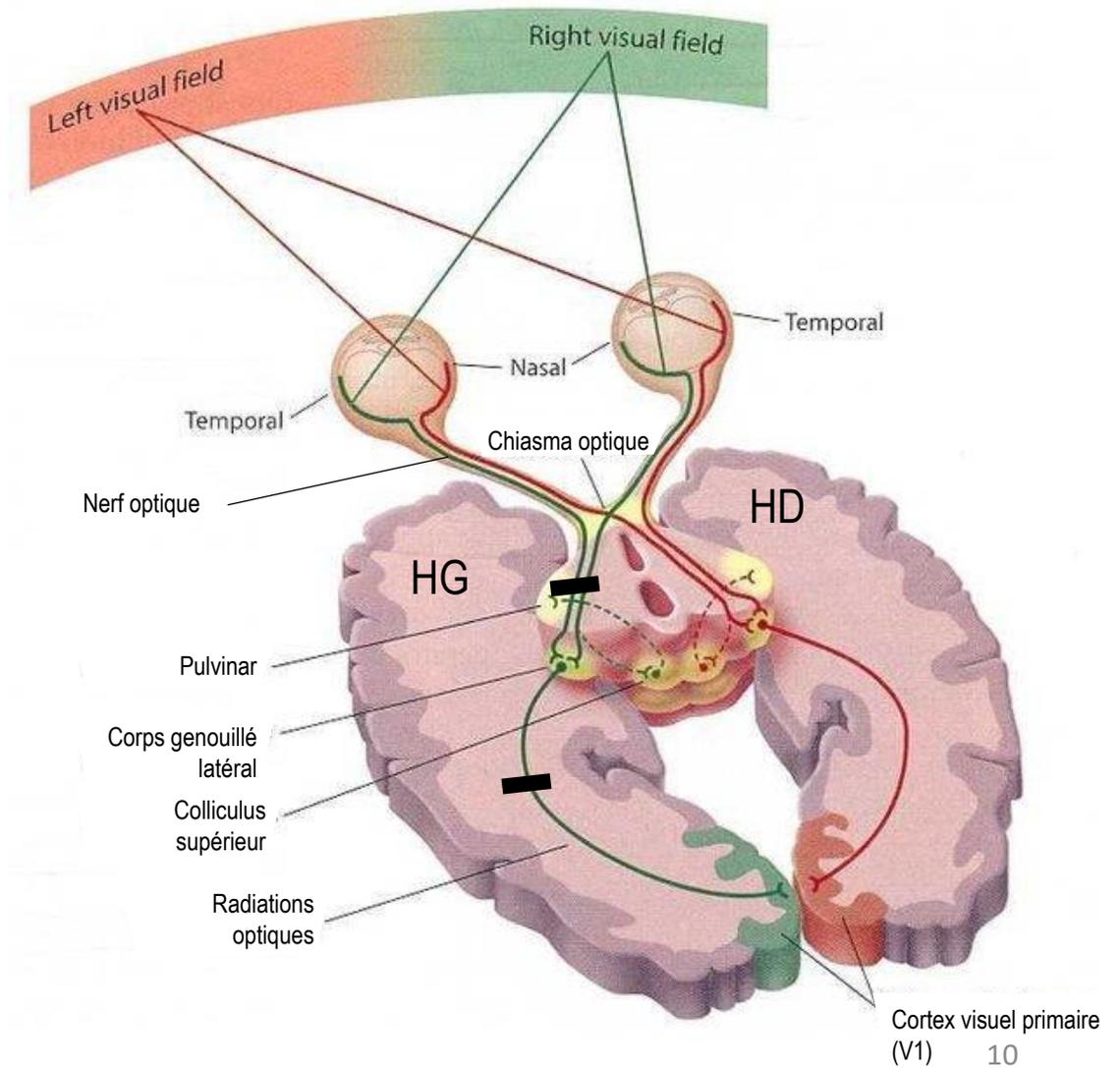
Hémianopsie binasale



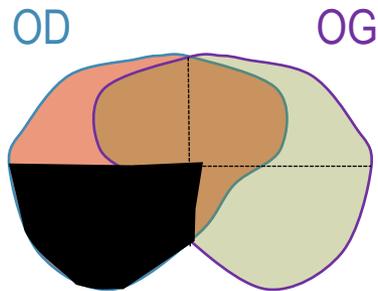
Conséquences de lésions le long de la voie visuelle primaire



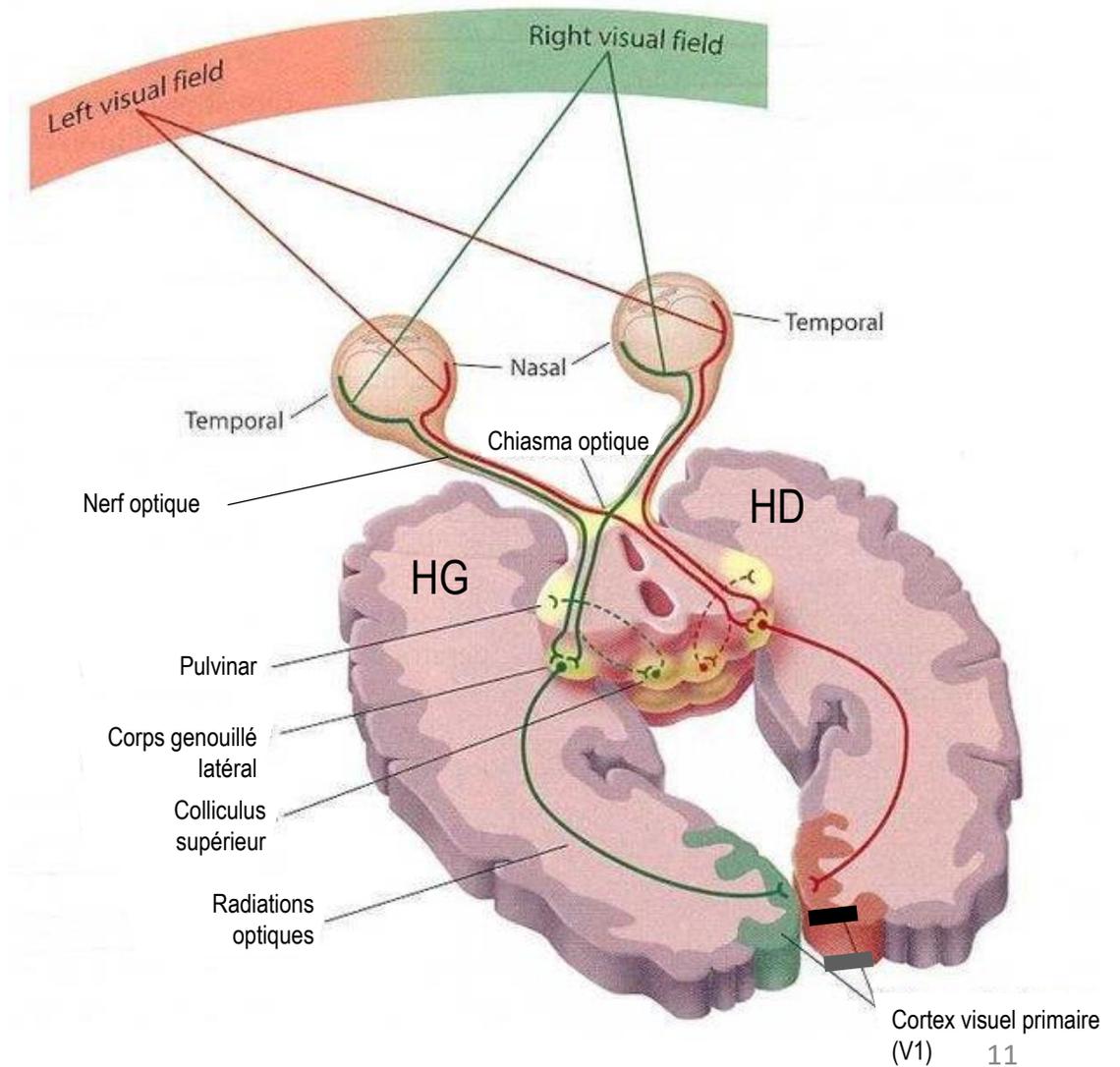
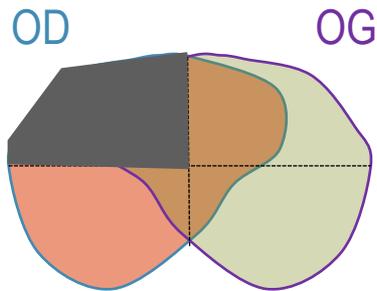
Hémianopsie latérale homonyme



Conséquences de lésions le long de la voie visuelle primaire

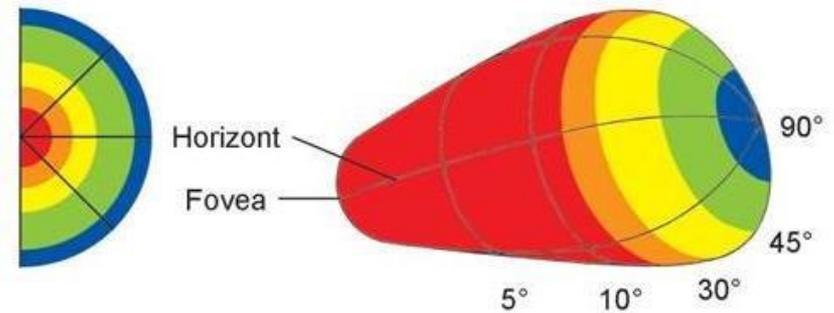
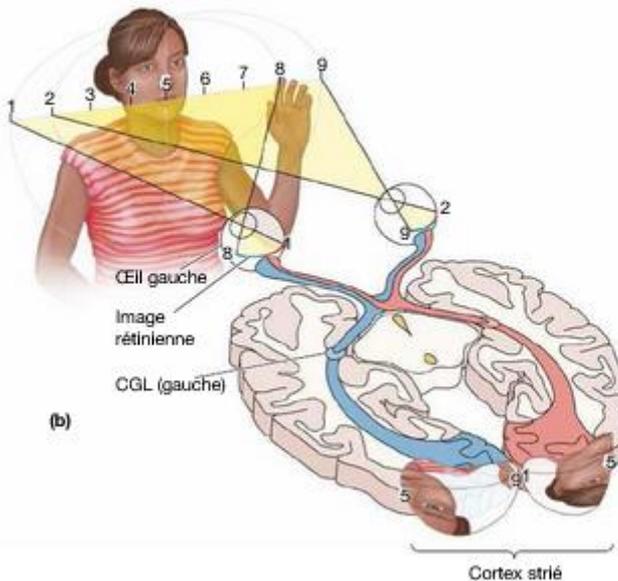


Quadransopsie



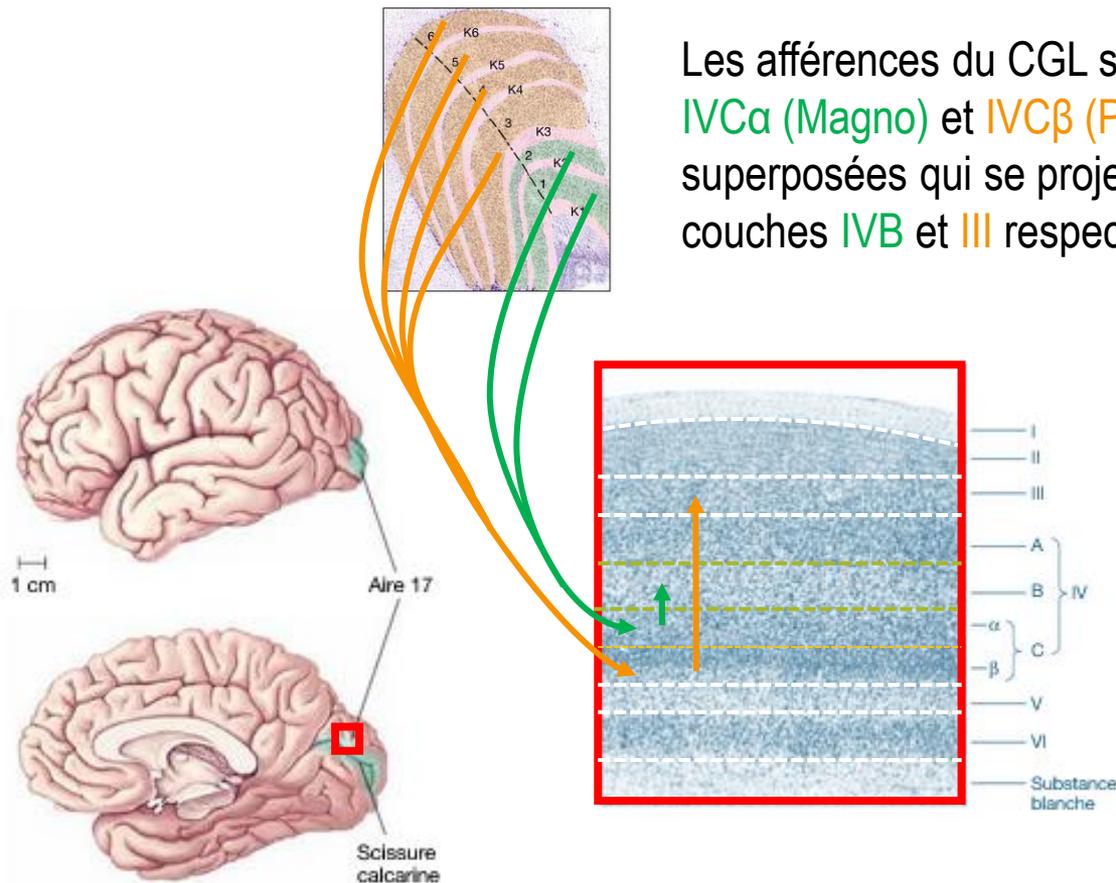
Le cortex visuel primaire V1

- **Facteur de magnification corticale:**
- Surreprésentation de l'information centrale du CV au niveau de V1 → Presque la moitié de V1 est dédié au traitement des 5-10° centraux de la rétine



Le cortex visuel primaire V1

- Organisation laminaire (en couches)

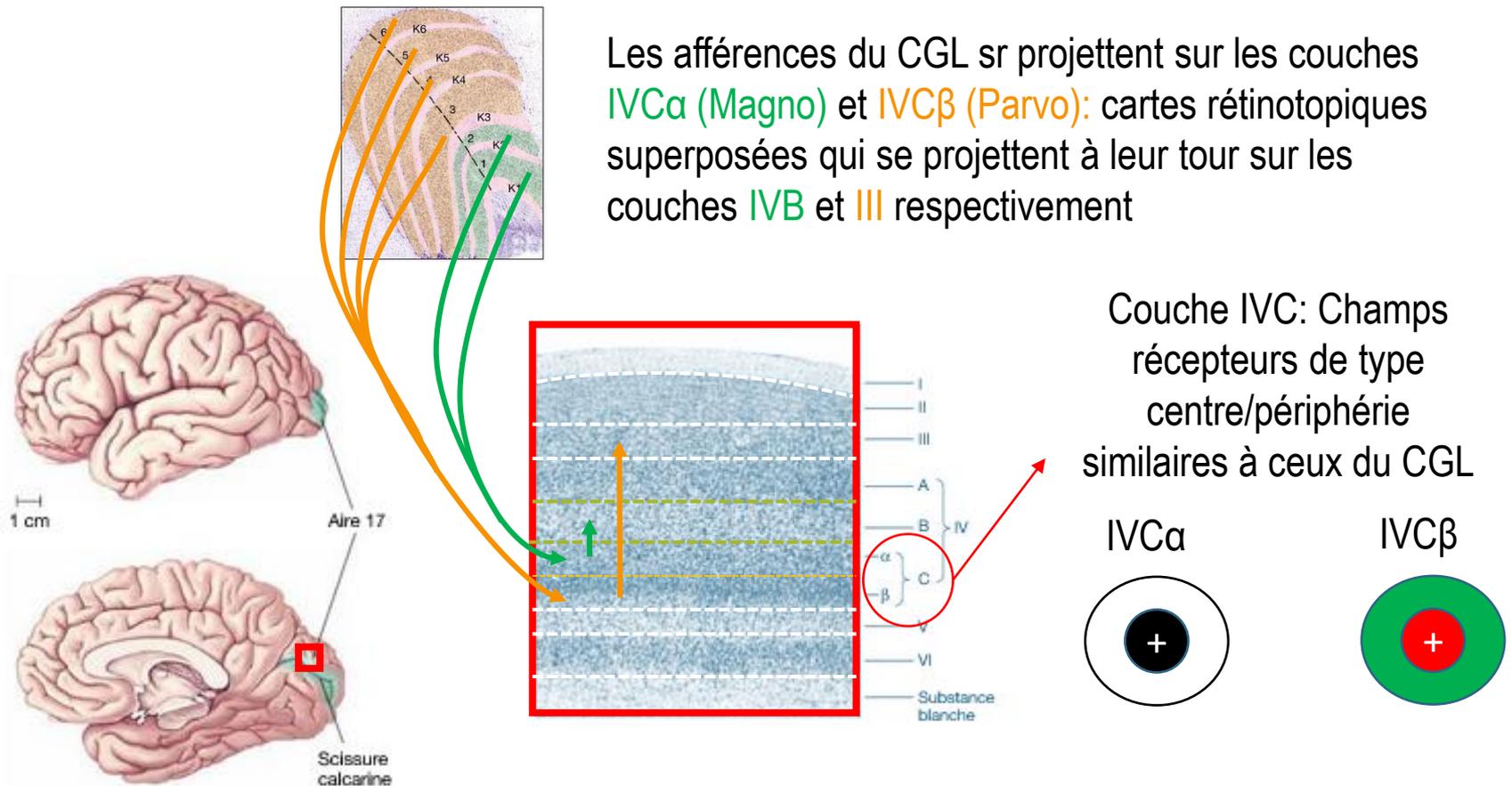


↓

Préservation de la ségrégation des informations Magno/ Parvocellulaires au niveau de V1

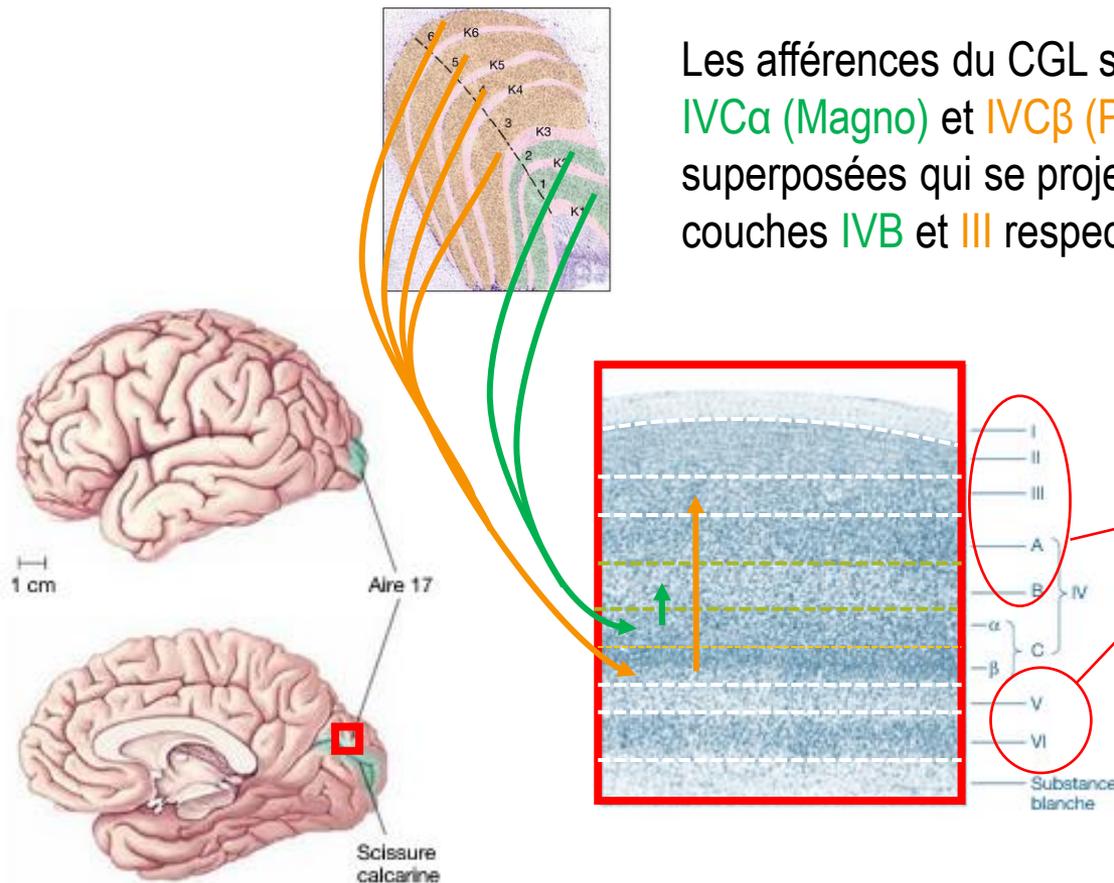
Le cortex visuel primaire V1

- Organisation laminaire (en couches)



Le cortex visuel primaire V1

- Organisation laminaire (en couches)

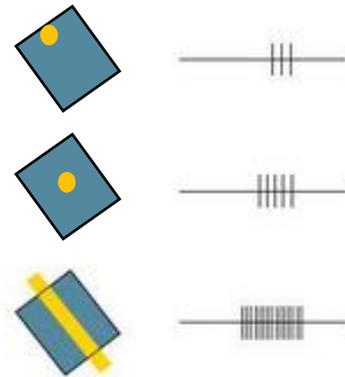
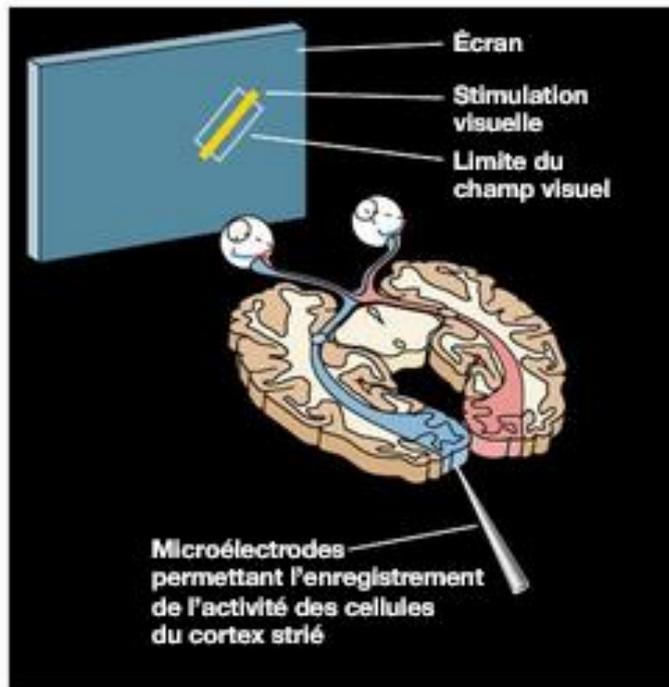


Le cortex visuel primaire V1

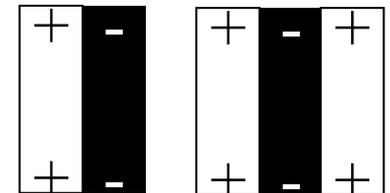
- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat



- Observation 1: neurones sélectifs à la présence de barres dans le CR

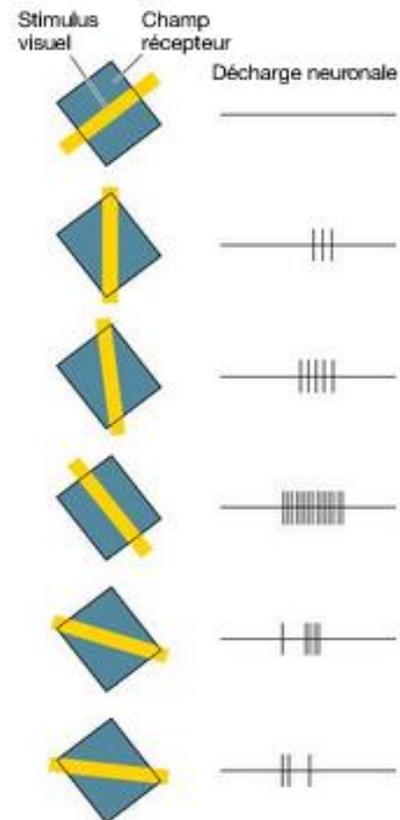
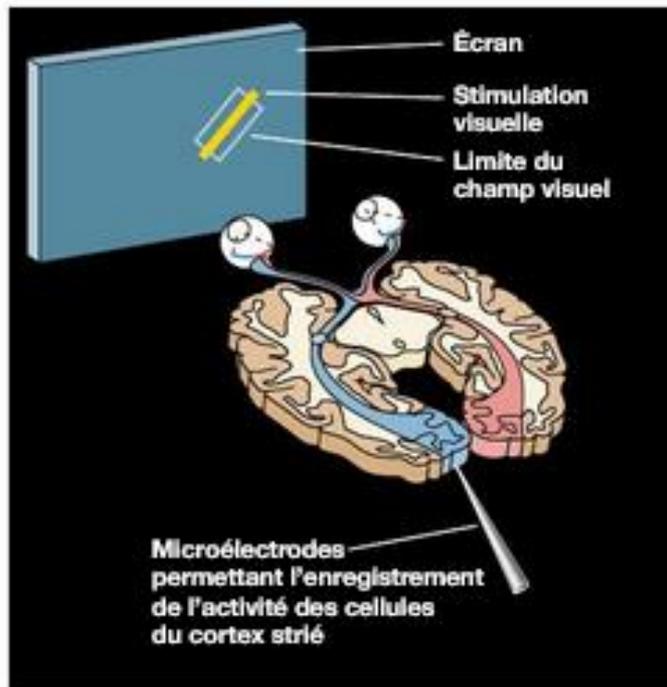


Le cortex visuel primaire V1

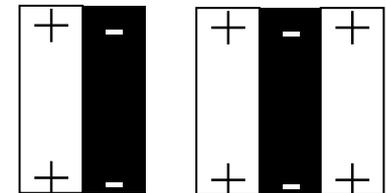
- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat



- Observation 1: neurones sélectifs à la présence de barres dans le CR

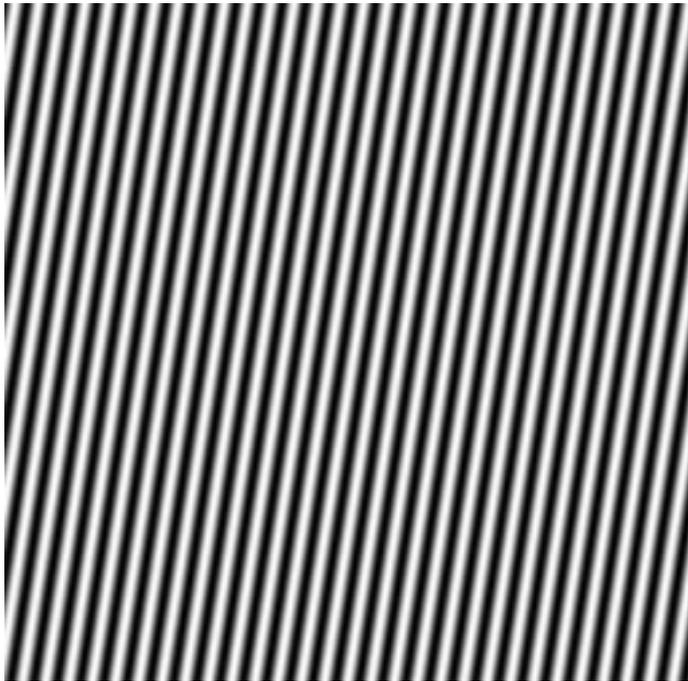


- Observation 2: ces neurones sont aussi sélectifs à une **orientation** donnée de la barre

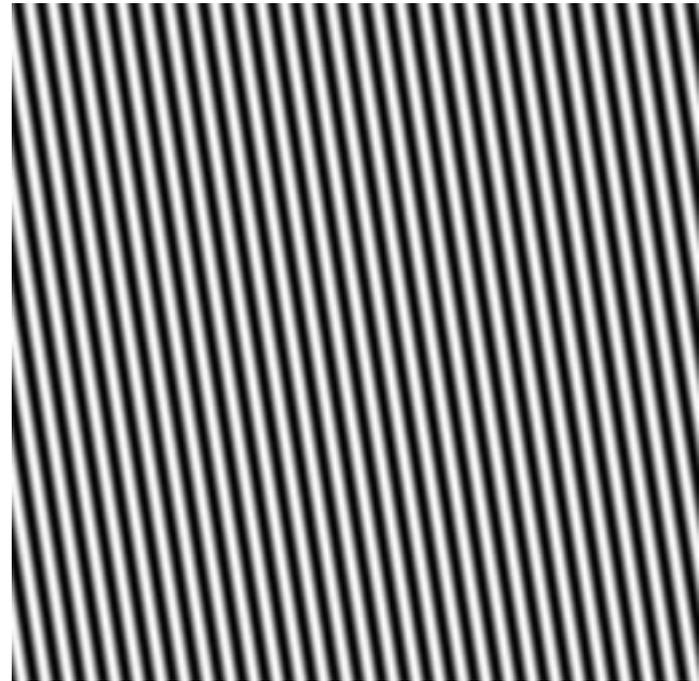
Le cortex visuel primaire V1

- **Illustration**

Fixez la croix sans bouger les yeux

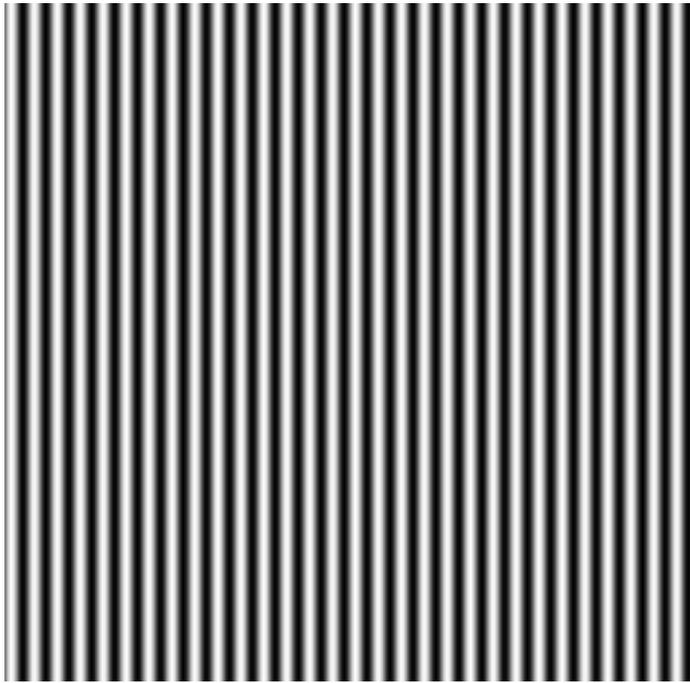


+

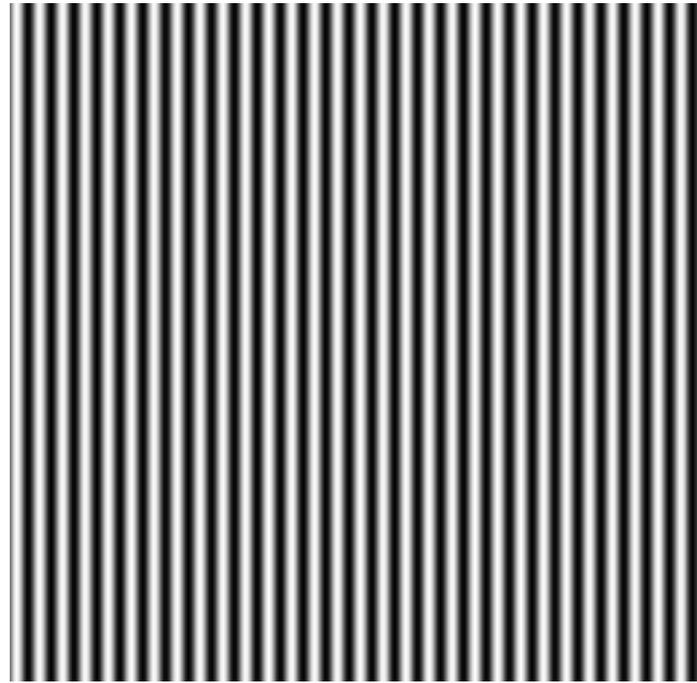


Le cortex visuel primaire V1

- **Illustration**

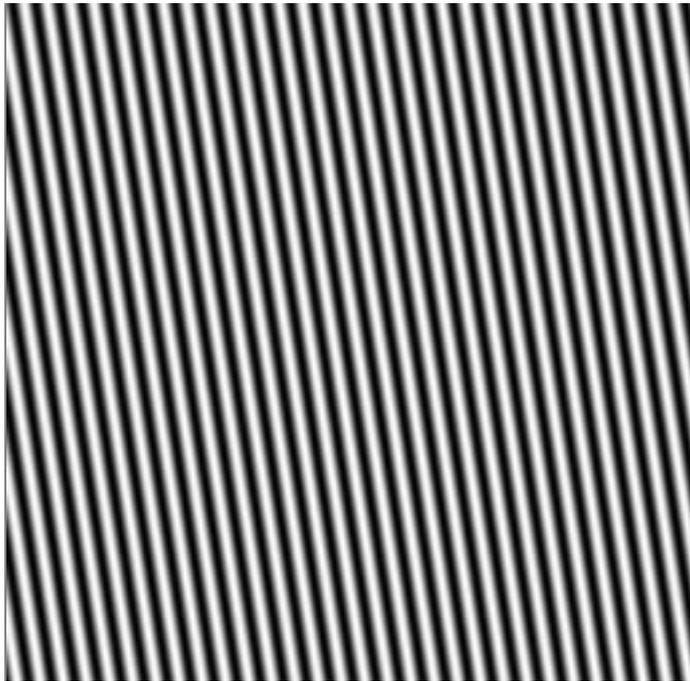


+

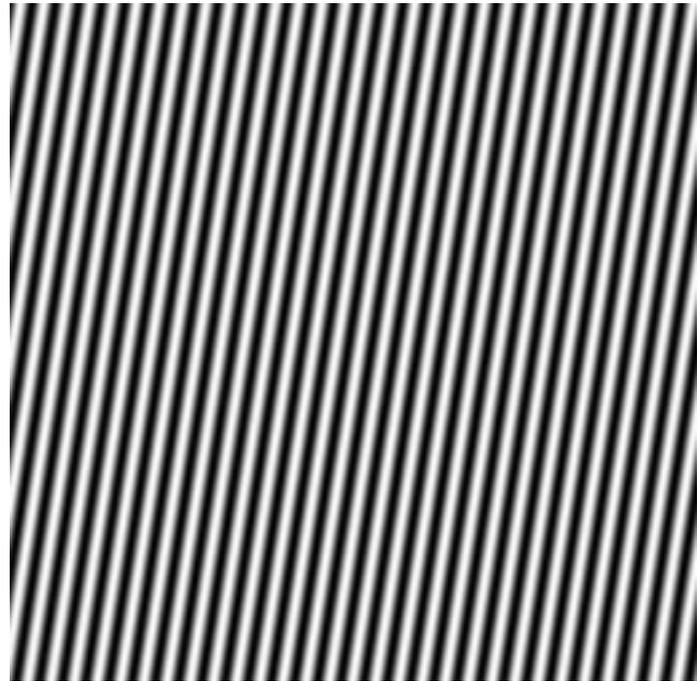


Le cortex visuel primaire V1

- Perception:



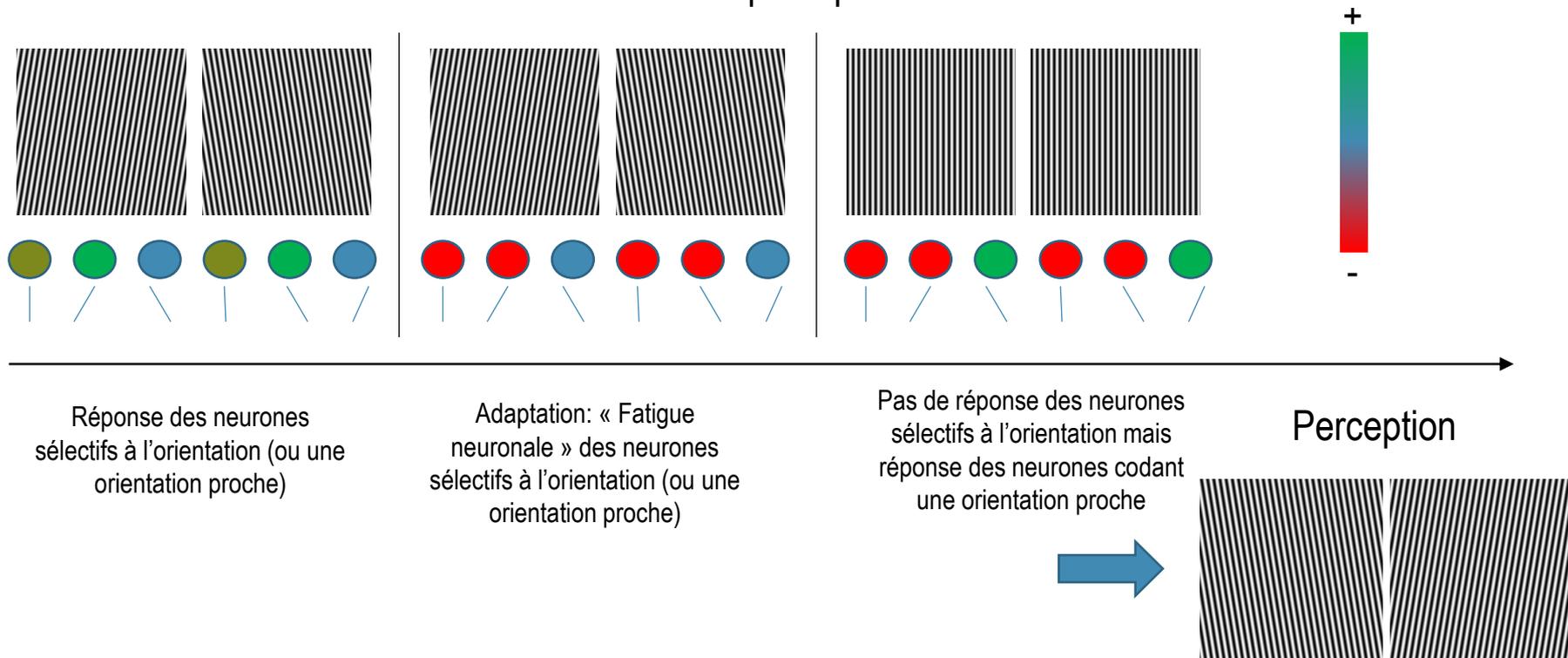
+



Le cortex visuel primaire V1

- **Explication:**

Effet d'adaptation/aftereffect: Si un stimulus (ou une propriété donnée d'un stimulus) provoque un effet d'adaptation, c'est que ce stimulus (ou cette propriété) est traité(e) par le système perceptif et les neurones associés ont un effet direct sur la perception.



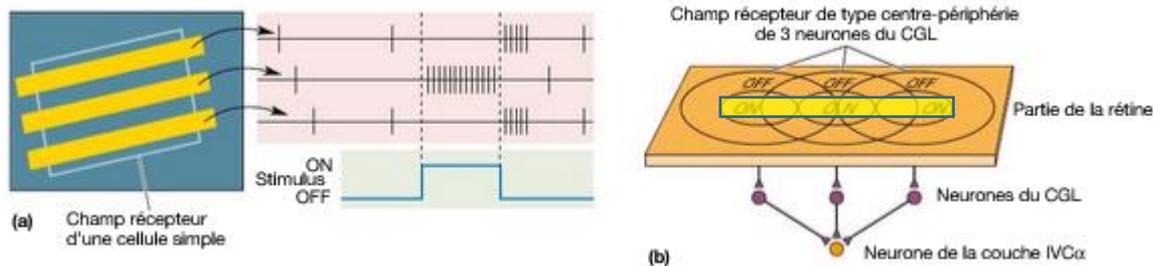
Le cortex visuel primaire V1

- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat

Hypothèse que la forme allongée des CR de ces cellules résulterait de la convergence d'informations provenant des cellules à CR centre-périphérie alignés



➔ Cellules « simples »
Couches IV et VI

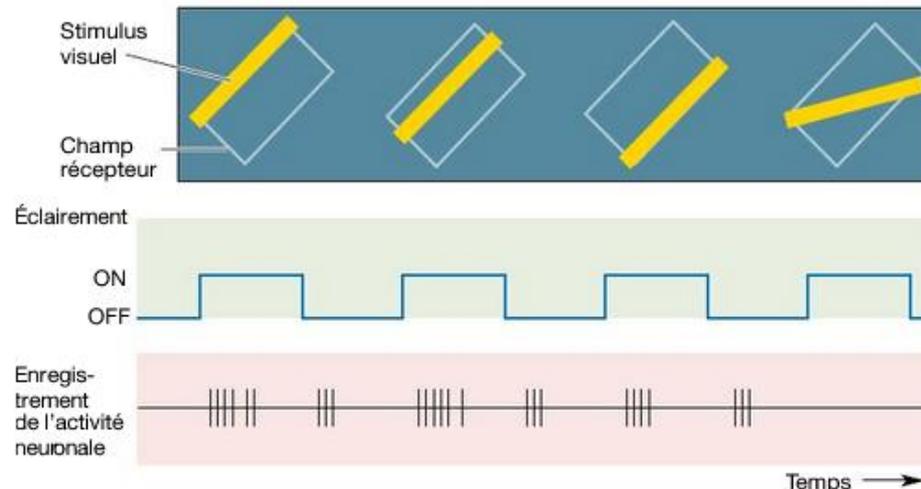
Le cortex visuel primaire V1

- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat

Mise en évidence d'autres cellules sélectives à des barres orientées **indépendamment de leur localisation dans le champ récepteur**



*Convergence
d'informations de
plusieurs cellules
simples?*

→ Cellules « complexes »
Couches II, III, V

Le cortex visuel primaire V1

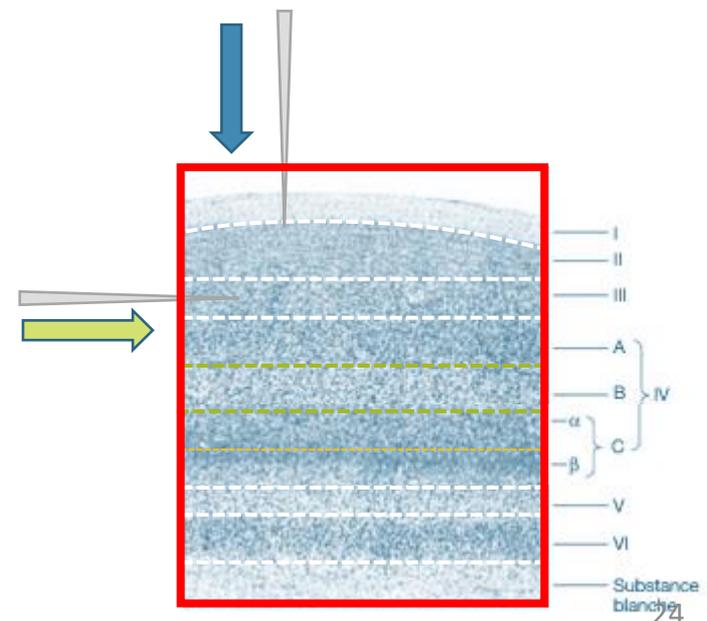
- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat

Organisation en colonnes

- Une microélectrode insérée **perpendiculairement** aux différentes couches ne rencontre que des neurones **sélectifs à la même orientation**
- Une microélectrode insérée **tangentielle** au sein d'une couche rencontre des neurones dont **la préférence d'orientation se modifie**



Le cortex visuel primaire V1

- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

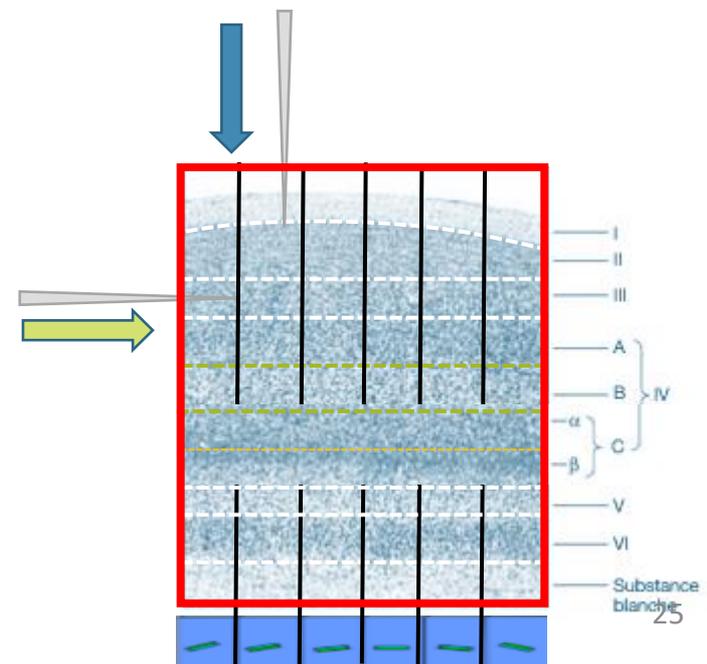
Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat

Organisation en colonnes

- Une microélectrode insérée **perpendiculairement** aux différentes couches ne rencontre que des neurones **sélectifs à la même orientation**
- Une microélectrode insérée **tangentielle** au sein d'une couche rencontre des neurones dont **la préférence d'orientation se modifie**

➔ **Colonnes d'orientations**

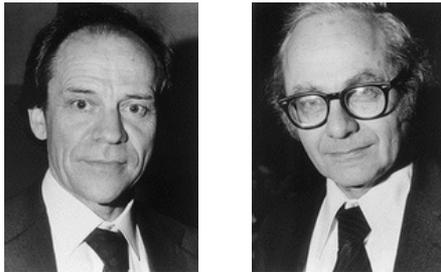
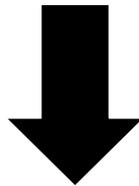


Le cortex visuel primaire V1

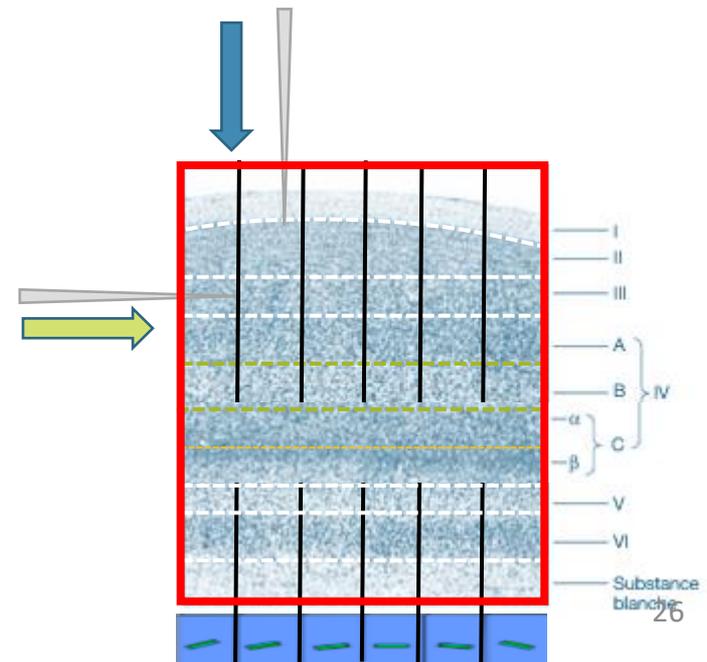
- **Champs récepteurs et colonnes d'orientation**

Rappel: Le champ récepteur d'un neurone [de V1] est la région sur la rétine/dans le champ visuel qui, lorsque stimulée, a un effet maximal sur la réponse de ce neurone

Travaux de Hubel & Wiesel (1962): réponse des neurones et organisation du cortex visuel primaire chez le chat



**Nobel de médecine
1981**



Le cortex visuel primaire V1

- **Sélectivité aux fréquences spatiales**

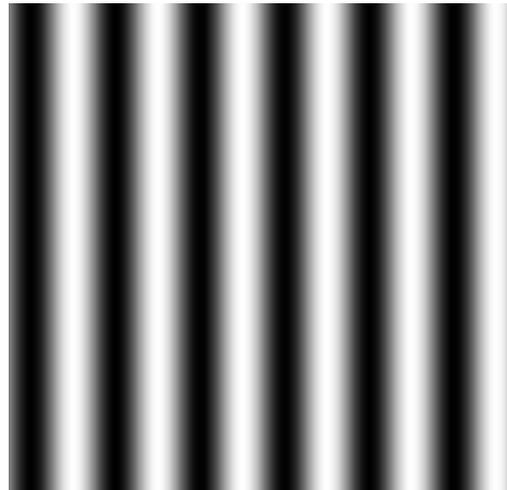
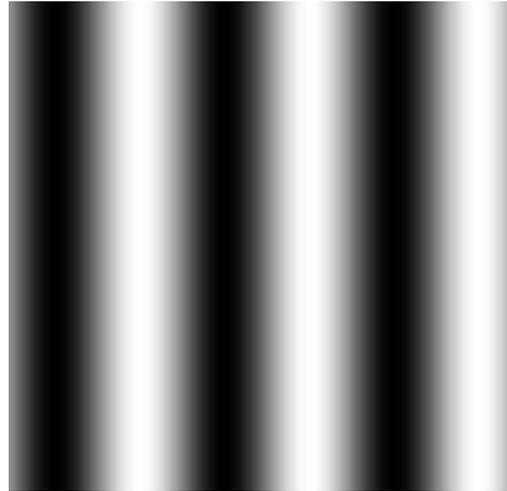
Travaux de De Valois et al. (1982) chez le macaque

- Observation de neurones sélectifs à différentes bandes de fréquences spatiales
→ déterminé par la taille de leur CR (large CR = BF, petit CR = HF)
- Identification de cellules simples (sensibles à la localisation dans le champ récepteur) et complexes (i.e. non sensibles à la localisation dans le champ récepteur)



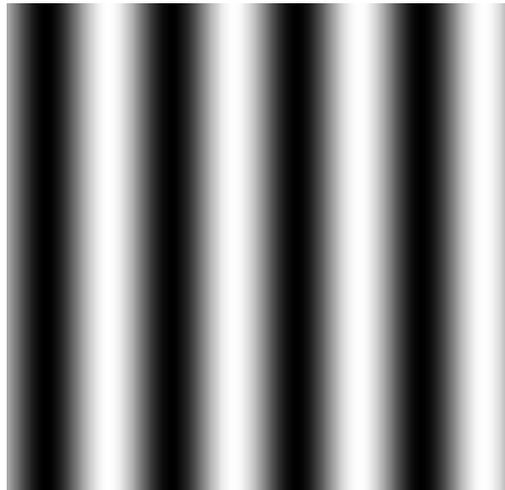
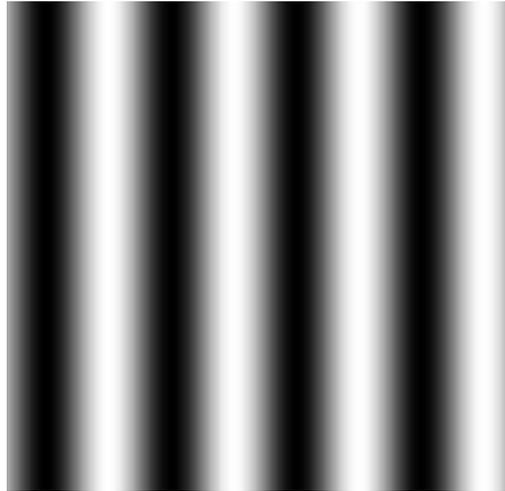
Le cortex visuel primaire V1

- **Illustration**



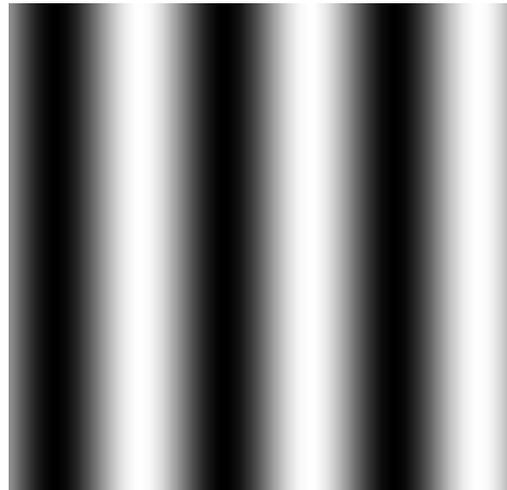
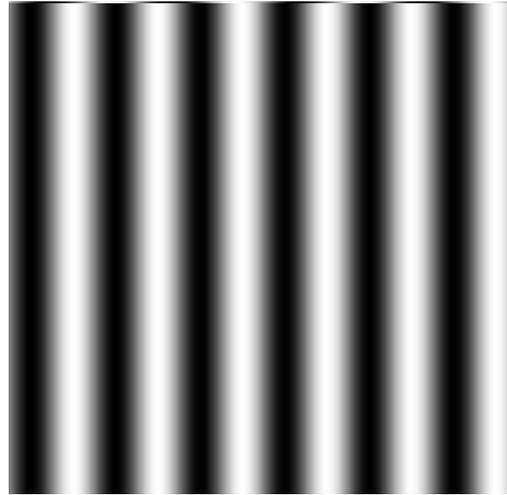
Le cortex visuel primaire V1

- **Illustration**



Le cortex visuel primaire V1

- Perception:



Le cortex visuel primaire V1

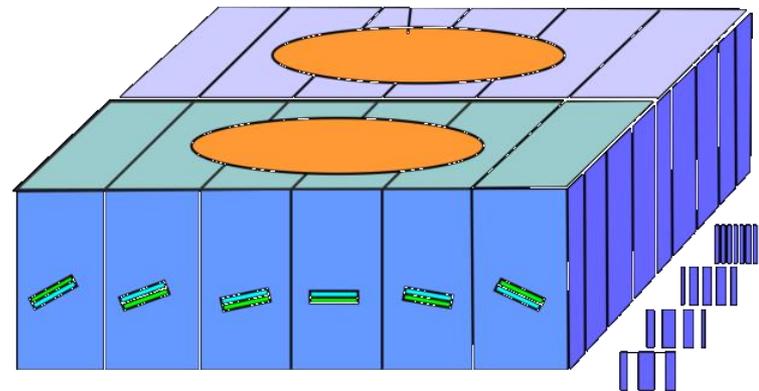
- **Sélectivité aux fréquences spatiales**

Travaux de De Valois et al. (1982) chez le macaque

- Observation de neurones sélectifs à différentes bandes de fréquences spatiales
→ déterminé par la taille de leur CR (large CR = BF, petit CR = HF)
- Identification de cellules simples (sensibles à la localisation dans le champ récepteur) et complexes (i.e. non sensibles à la localisation dans le champ récepteur)
- Lien entre les caractéristiques de sélectivité à l'orientation et celles aux fréquences spatiales → filtres 2D?

→ Neurones d'une colonne d'orientation donnée sélectifs à toutes les FS et vice versa

→ Colonnes regroupant toutes les orientations et toutes les FS = hypercolonne



Le cortex visuel primaire V1 - Modèle

Quel filtre pour modéliser la réponse des cellules de V1 en tenant compte simultanément de leur sélectivité aux fréquences spatiales ET aux orientations?

→ Une fonction « Gabor » est le meilleur modèle pour décrire ces deux dimensions (Jones & Palmer 1987)

→ obtenu par la multiplication entre une sinusoïde 2D et une fonction gaussienne 2D

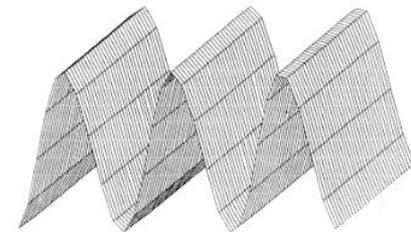
$$G(X_\theta, Y_\theta, f, \theta, \sigma_x, \sigma_y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{Y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right)\right) \times \exp(i2\pi f X_\theta)$$

et

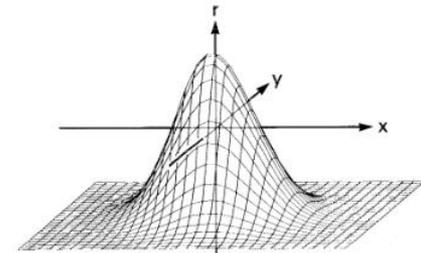
$$X_\theta = x \times \cos(\theta) - y \times \sin(\theta)$$

$$Y_\theta = x \times \sin(\theta) + y \times \cos(\theta)$$

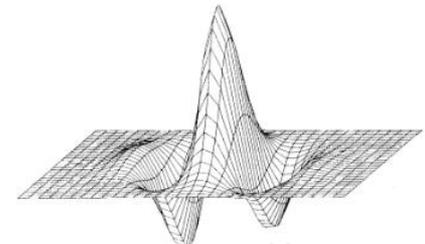
Space Domain



A Plane wave



B Elliptic Gaussian

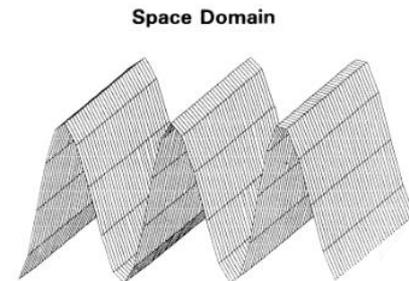


C 2D Gabor filter
spatial response profile

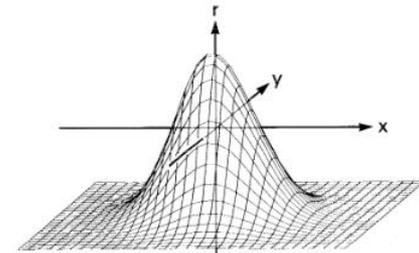
Le cortex visuel primaire V1 - Modèle

Quel filtre pour modéliser la réponse des cellules de V1 en tenant compte simultanément de leur sélectivité aux fréquences spatiales ET aux orientations?

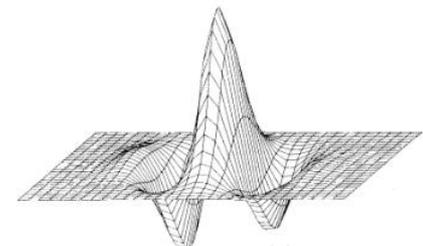
- Une fonction « Gabor » est le meilleur modèle pour décrire ces deux dimensions (Jones & Palmer 1987)
- obtenu par la multiplication entre une sinusoïde 2D et une fonction gaussienne 2D
- Fonction Gabor = un signal sinusoïdal orienté dont l'amplitude diminue en fonction de l'éloignement du centre



A Plane wave



B Elliptic Gaussian



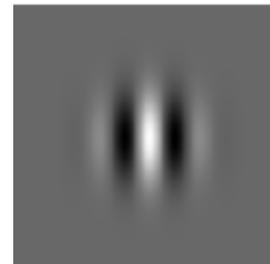
33
C 2D Gabor filter
spatial response profile

Cf. Cours + TP N. Guyader

JOURNAL OF NEUROPHYSIOLOGY
Vol. 58, No. 6, December 1987. Printed in U.S.A.

An Evaluation of the Two-Dimensional Gabor Filter Model of Simple Receptive Fields in Cat Striate Cortex

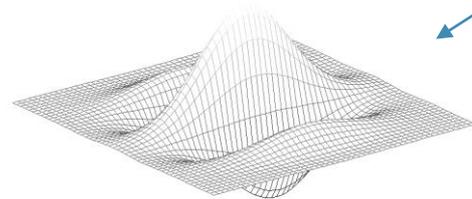
JUDSON P. JONES AND LARRY A. PALMER



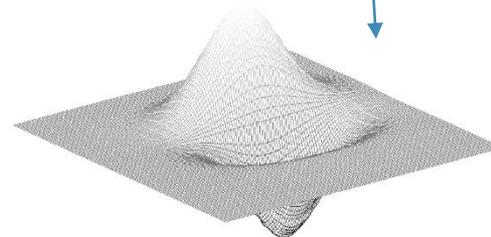
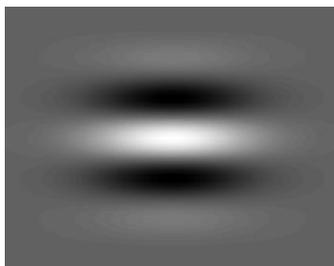
Le cortex visuel primaire V1 - Modèle

Quel filtre pour modéliser la réponse des cellules de V1 en tenant compte simultanément de leur sélectivité aux fréquences spatiales ET aux orientations?

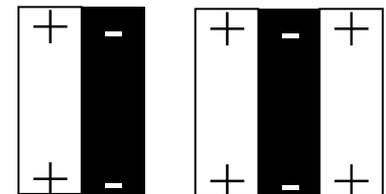
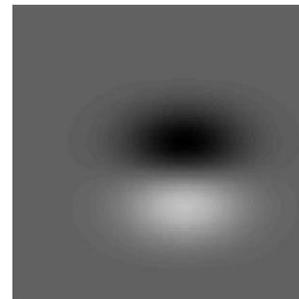
$$G(X_\theta, Y_\theta, f, \theta, \sigma_x, \sigma_y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{Y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right)\right) \times \exp(i2\pi f X_\theta)$$



Partie Réelle



Partie Imaginaire

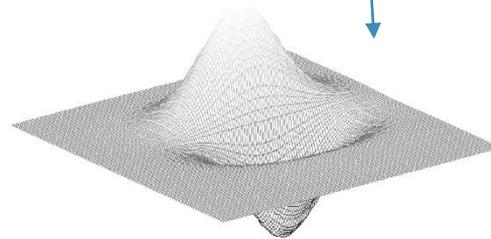
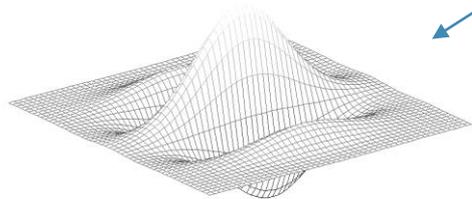


Modélisation de la
réponse de cellules
simples à CR
pair/impair

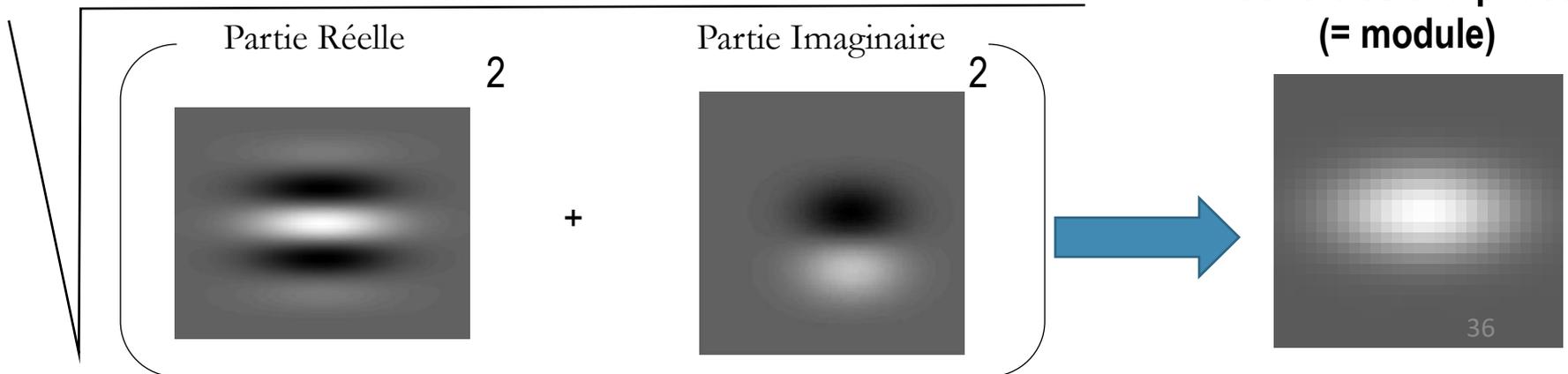
Le cortex visuel primaire V1 - Modèle

Quel filtre pour modéliser la réponse des cellules de V1 en tenant compte simultanément de leur sélectivité aux fréquences spatiales ET aux orientations?

$$G(X_\theta, Y_\theta, f, \theta, \sigma_x, \sigma_y) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{X_\theta^2}{\sigma_x^2} + \frac{Y_\theta^2}{\sigma_y^2}\right)\right) \times \exp(i2\pi f X_\theta)$$



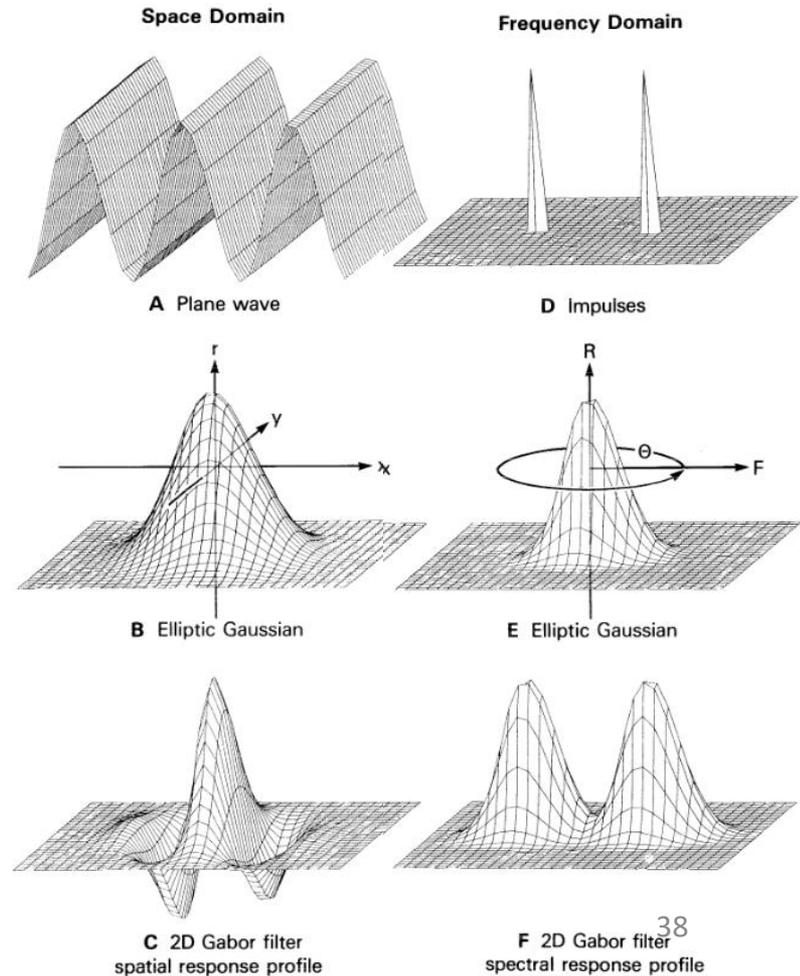
Modélisation de la réponse de cellules complexes non sensibles à la phase (= module)



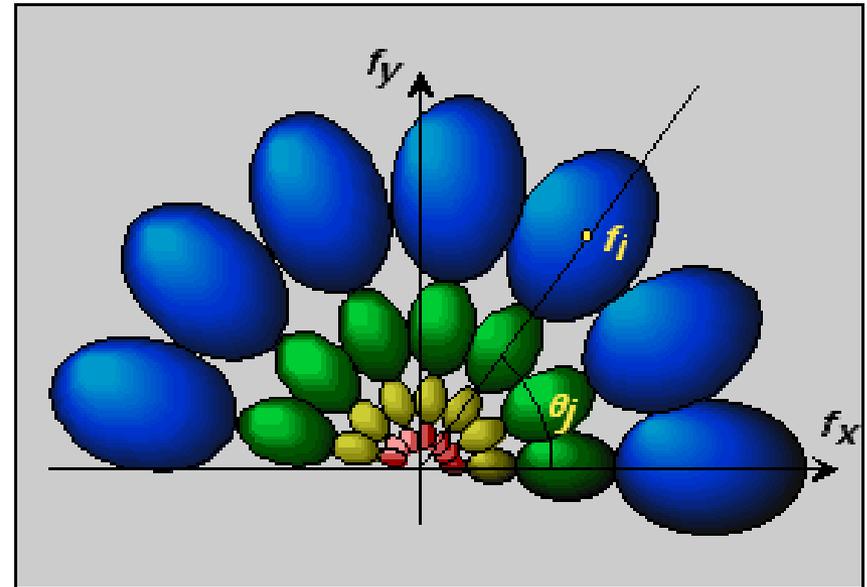
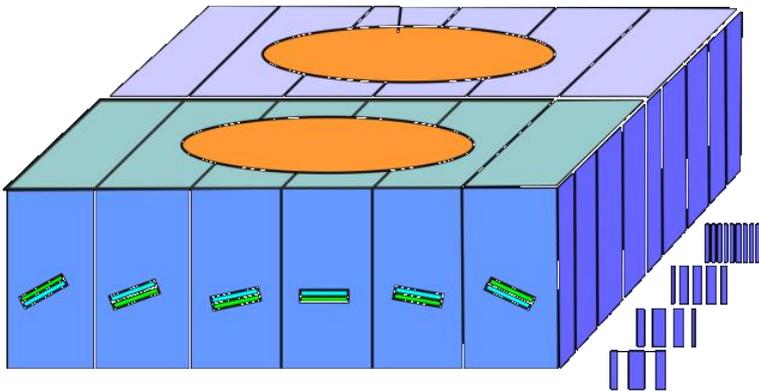
Le cortex visuel primaire V1 - Modèle

Quel filtre pour modéliser la réponse des cellules de V1 en tenant compte simultanément de leur sélectivité aux fréquences spatiales ET aux orientations?

→ Dans le domaine de Fourier, un filtre de Gabor correspond à une gaussienne appliquée au spectre d'amplitude



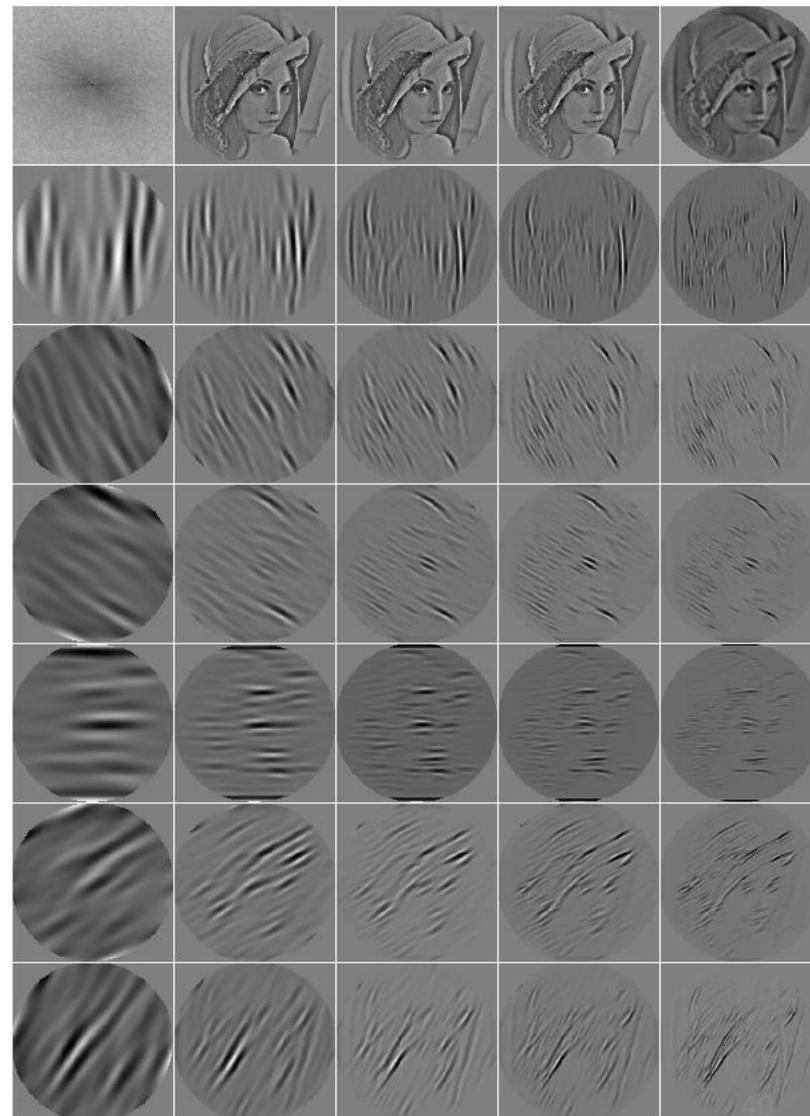
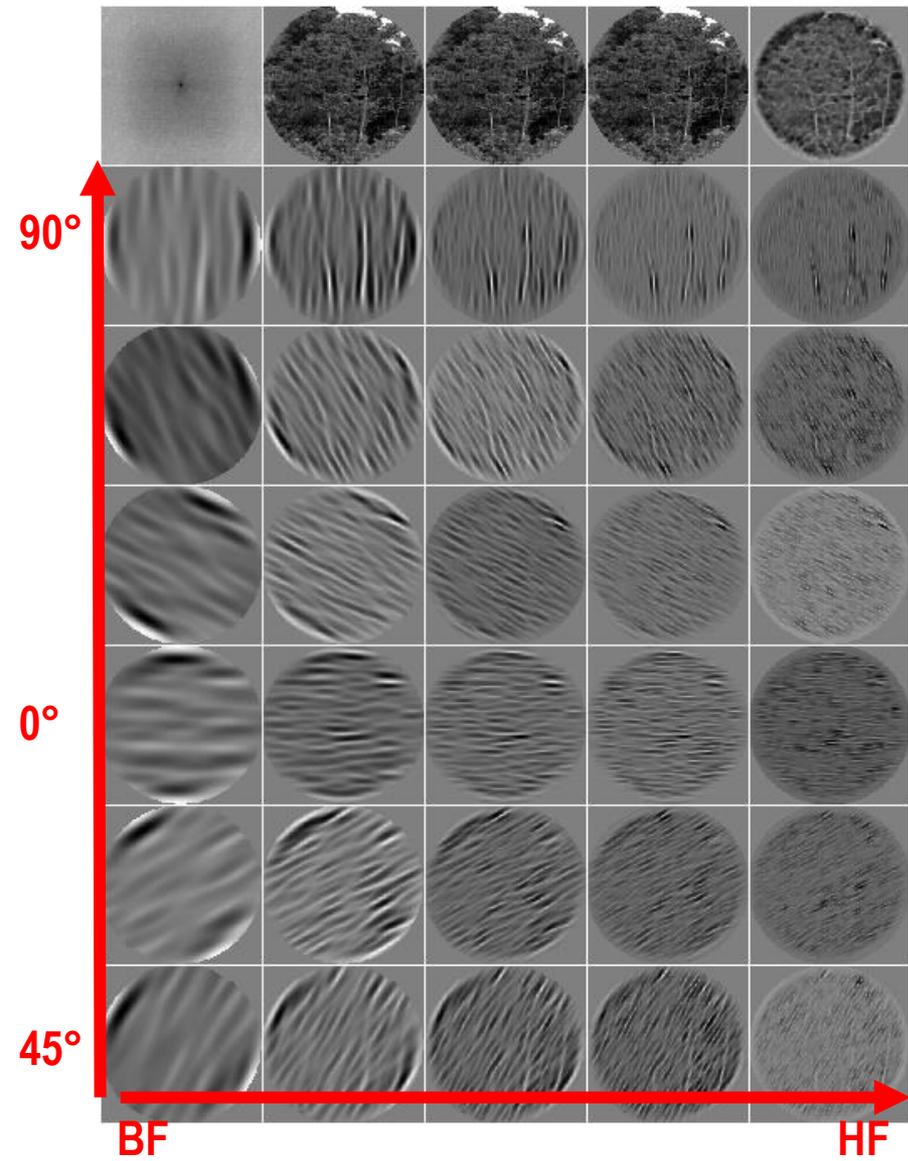
Le cortex visuel primaire V1 - Modèle



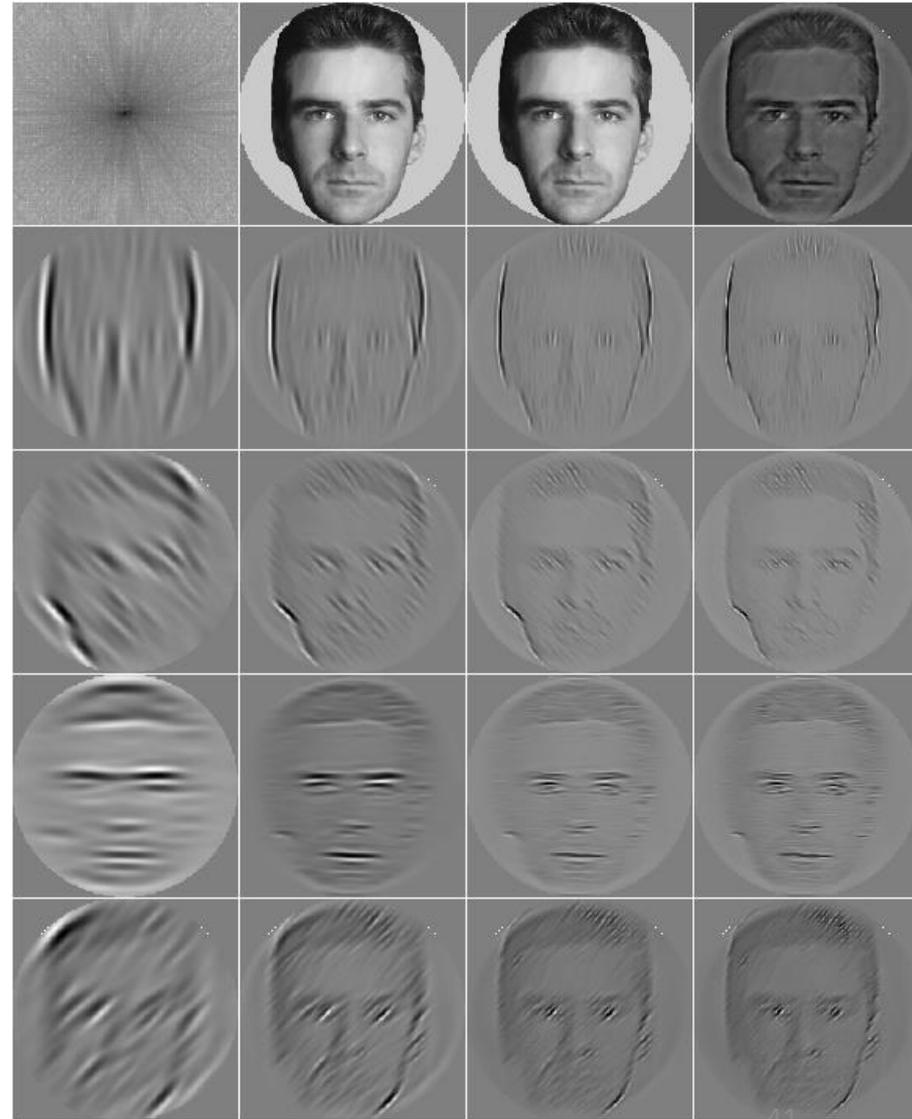
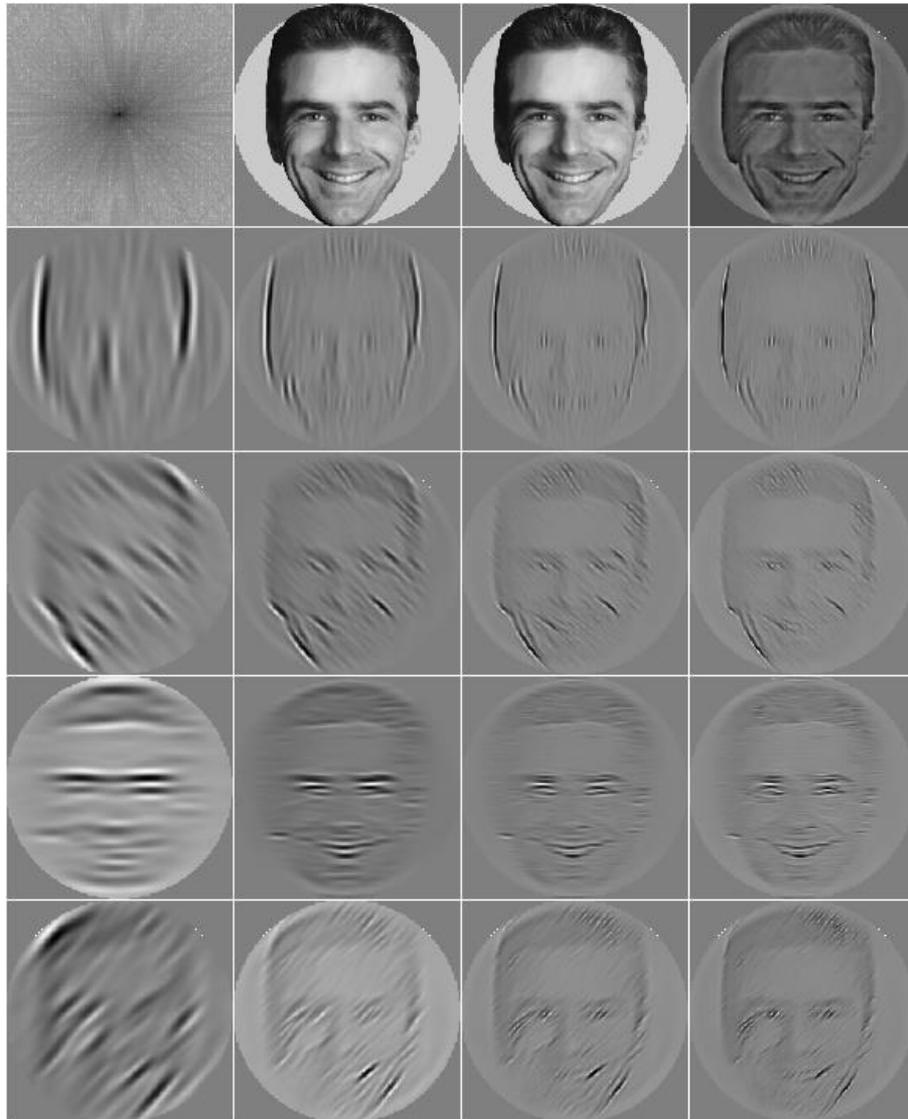
→ Modélisation d'une hypercolonne corticale par un banc de filtres de Gabor

- = Extraction en parallèle de contours orientés à différentes fréquences spatiales
- = Échantillonnage du spectre d'amplitude dans le domaine fréquentiel

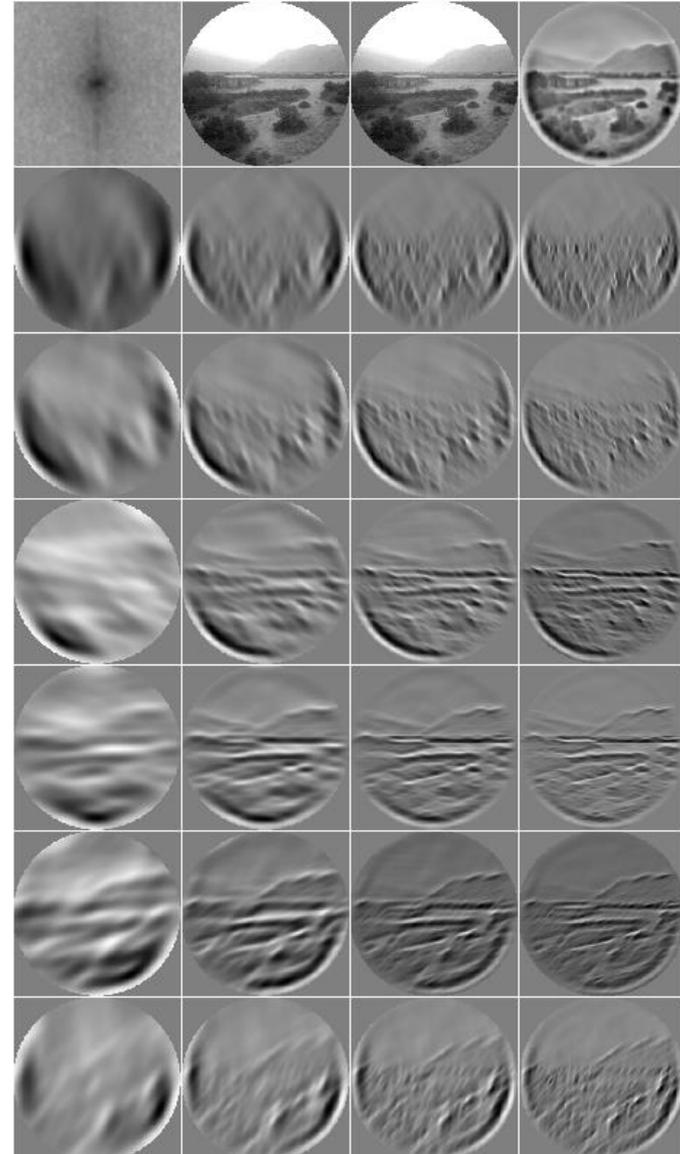
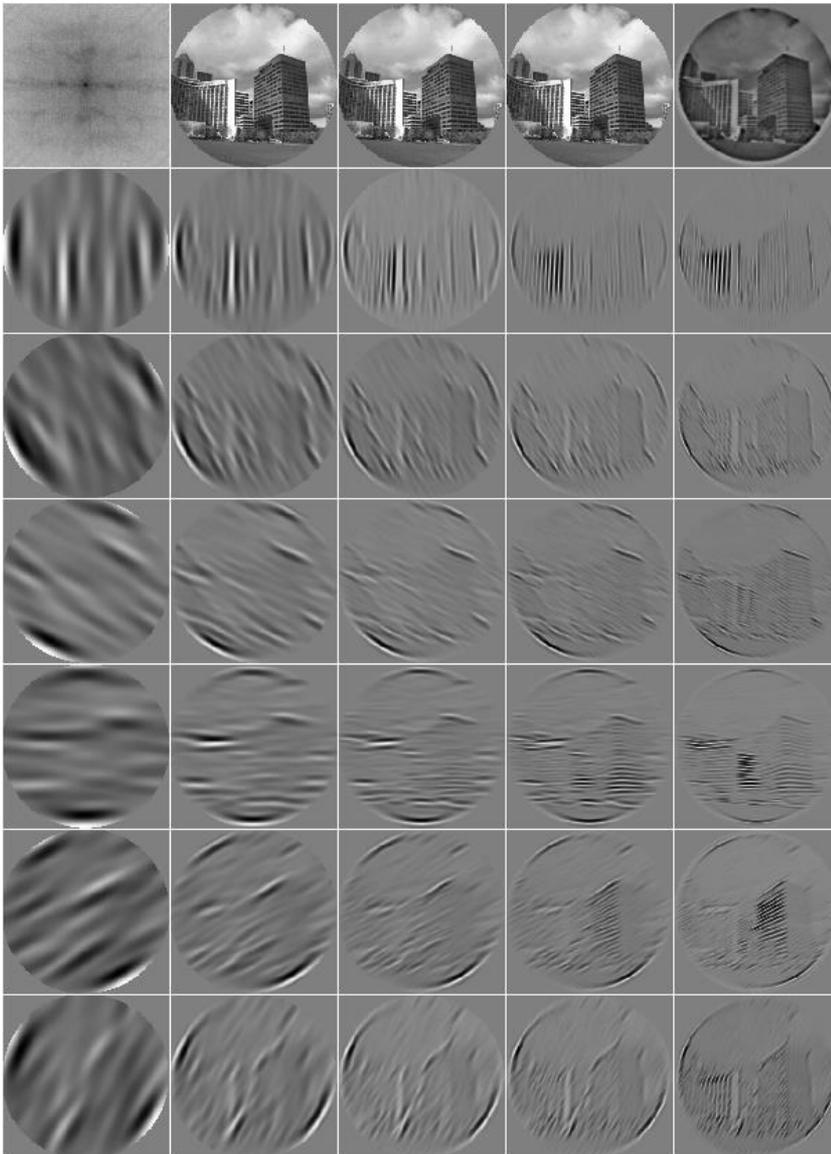
Exemple



Exemple



Exemple

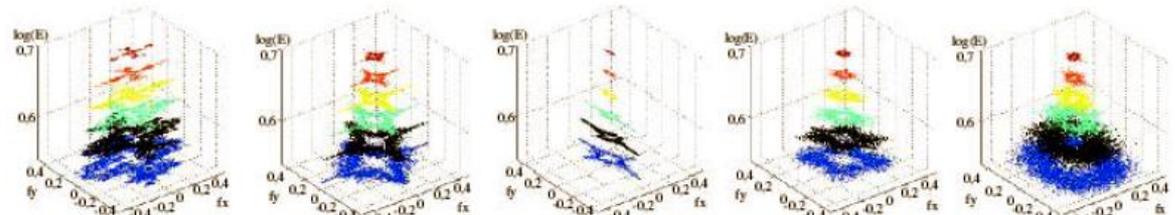


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Exemple d'application

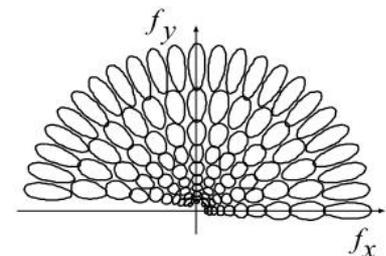
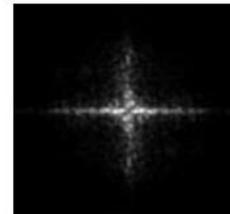
- Classification de scènes

Raisonnement: s'inspirer du système visuel humain qui est capable de catégoriser très rapidement des scènes sur la base d'informations globales qui comportent des régularités au sein de chaque catégories → régularités du spectre d'amplitude?

700 scènes classées dans les catégories « artificiel » ou « naturel »



- 1) Pré-traitements: rehaussement des contours et de la luminance
- 2) Calcul du SA
- 3) Application d'un banc de filtres de Gabor
- 4) PCA et Analyse discriminante pour obtenir des « discriminant spectral templates » (DST)



a)

b)

c)

d)

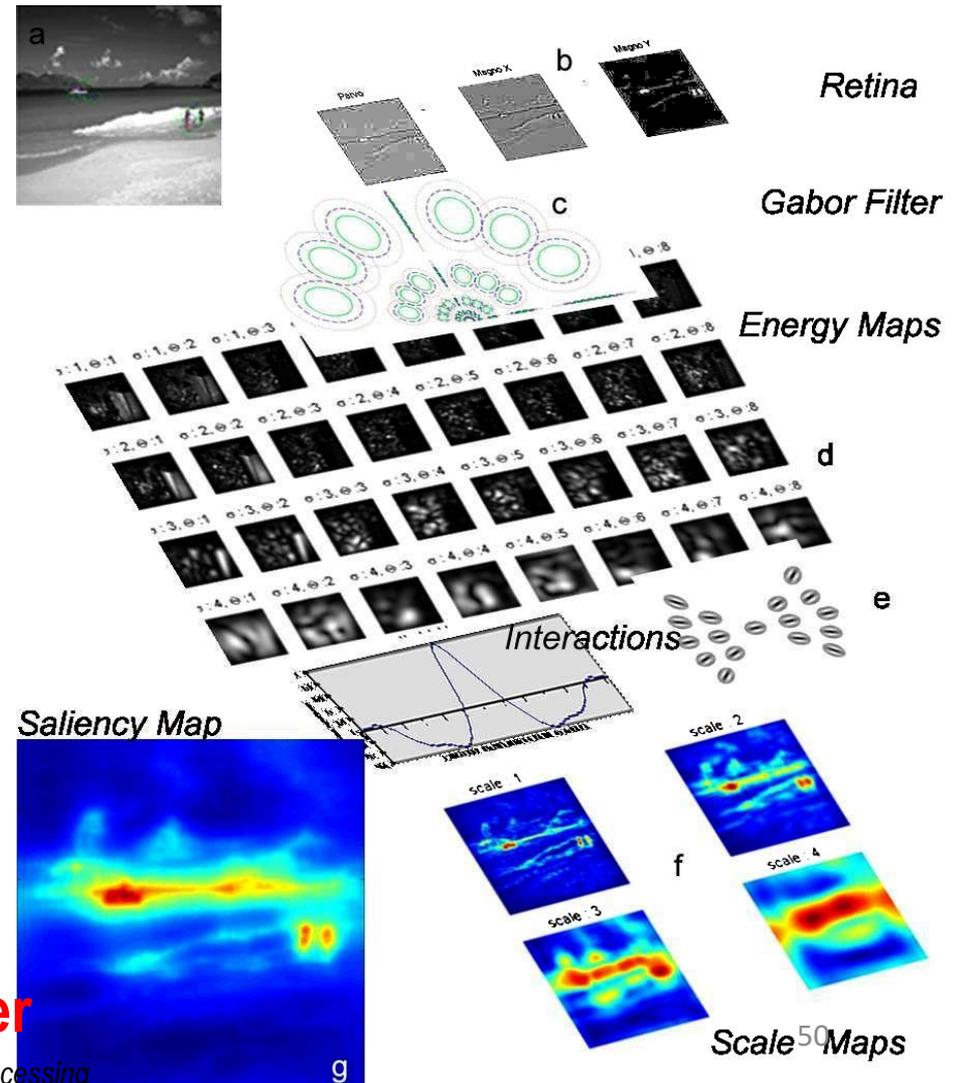
Cf. Cours N. Guyader

Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Exemple d'application

- Construction d'une carte de saillance

- Image originale
- Modèle de rétine: output des cellules ganglionnaires
- Filtrage par un banc de filtres de Gabor (cellules simples V1)
- Calcul des cartes d'énergies (carré des images en sortie des filtres de Gabor – cellules complexes V1)
- Rehaussement des différences de contour locales et globales (interactions courtes et longues)
- Moyennage des cartes d'orientations obtenues pour chaque bande de fréquences spatiales
- Carte de saillance: garde les zones d'énergies qui persistent dans chaque "scale maps".

Cf. Cours N. Guyader

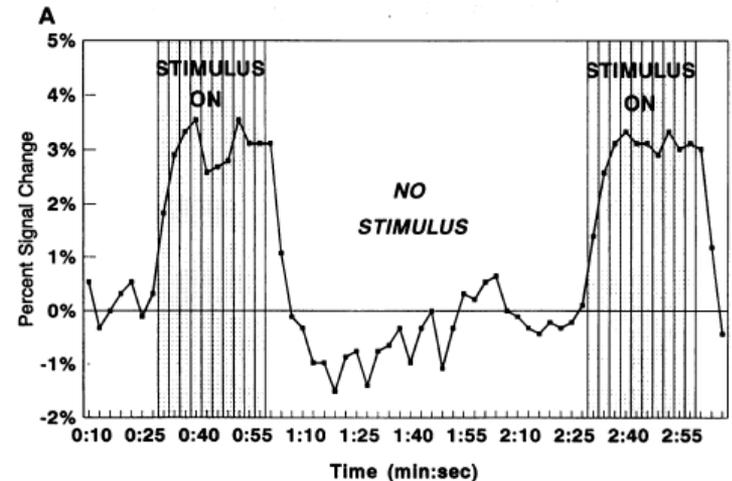


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

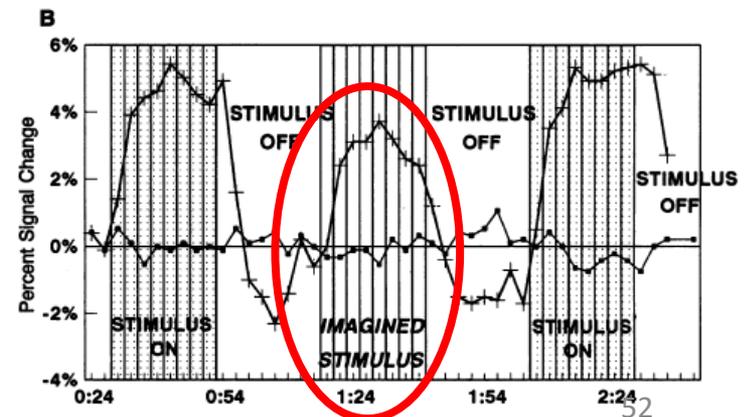
Exemple: enregistrement en IRMf de l'activité du cortex visuel primaire...

...Lors de la présentation ou non d'un stimulus visuel



...Lors de l'imagerie mentale du stimulus

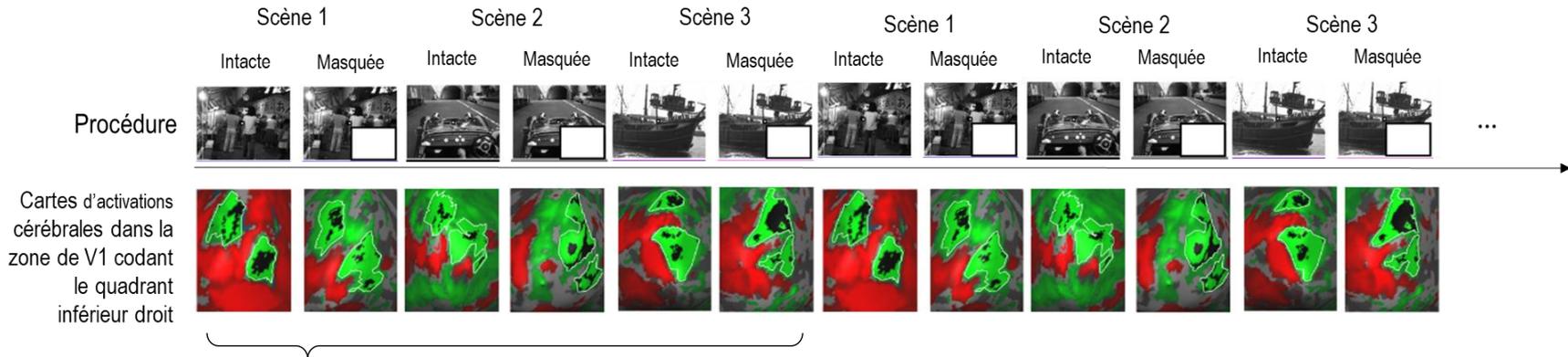
→ **Activité du cortex visuel sans stimulation visuelle** → influences descendantes (top-down)



Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

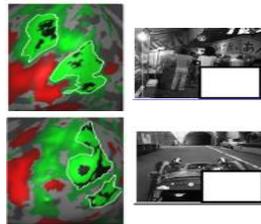
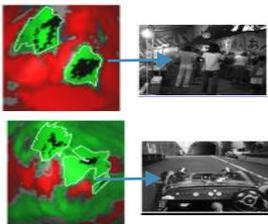
- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: enregistrement en IRMf de l'activité du cortex visuel primaire lors de la perception de scènes dont une partie est absente ou non



Classifieur A - Intacte

Classifieur B - Masquée

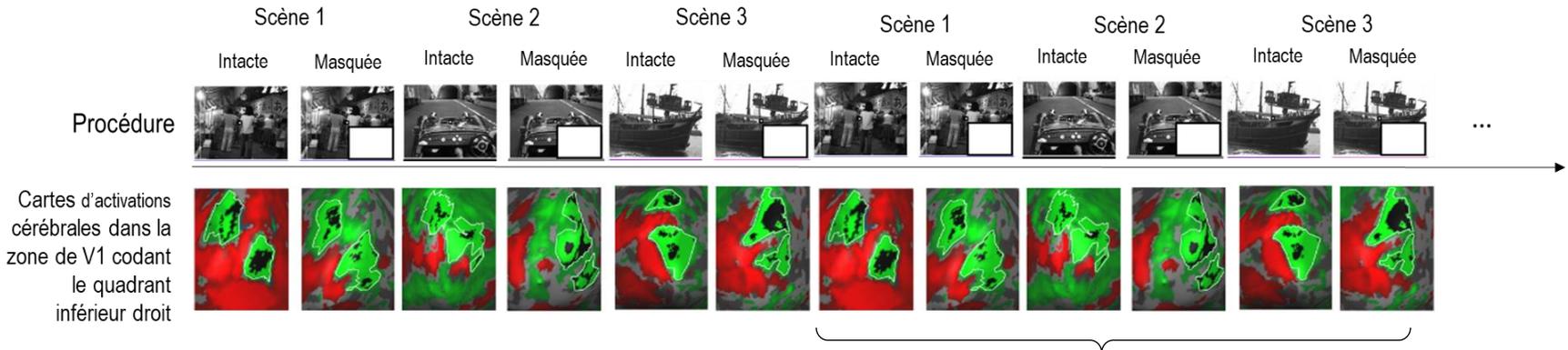


1 - On entraîne des classifieurs sur la moitié des cartes d'activation (i.e. on donne au classifieur le numéro de la scène correspondant) pour chaque condition de présentation des scènes

Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

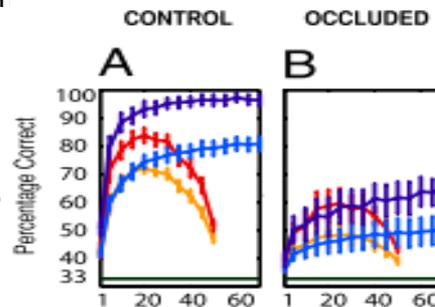
- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: enregistrement en IRMf de l'activité du cortex visuel primaire lors de la perception de scènes dont une partie est absente ou non



2- On teste les classifieurs en utilisant des cartes d'activation non utilisées pour l'apprentissage: à partir des patterns d'activation quelle était l'image présentée?

Le classifieur A: entraîné (et testé) sur les cartes d'activations correspondant à la perception de scènes



Le classifieur B entraîné et testé sur les cartes d'activations correspondant à la perception du quadrant occulté

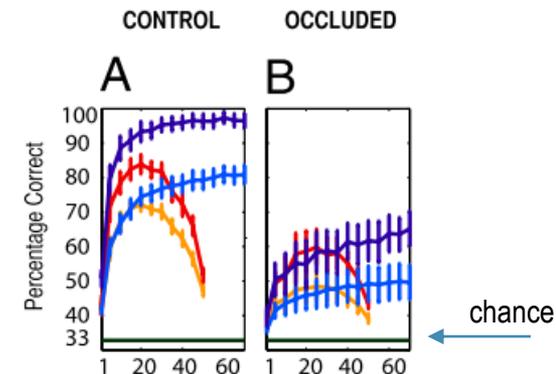
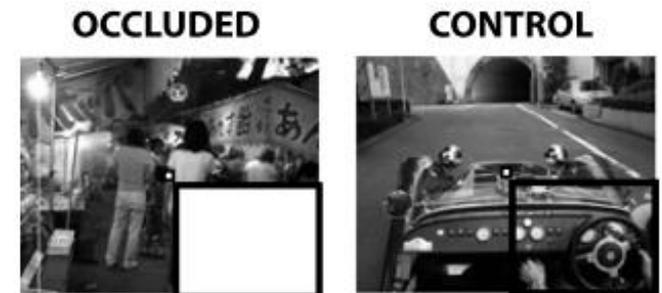
→ Malgré l'absence de stimulation visuelle dans le quadrant occulté, il y a une activité dans la partie du cortex visuel dédiée à son traitement qui permet de décoder quelle scène a été présentée → il est probable que cette activité reflète l'influence d'autres aires du cortex visuel dédiées au traitement du reste de la scène.

Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: enregistrement en IRMf de l'activité du cortex visuel primaire lors de la perception de scènes dont une partie est absente ou non

- ➔ Malgré l'absence de stimulation visuelle dans le quadrant occulté, il y a une activité dans la partie du cortex visuel dédiée à son traitement qui permet de décoder quelle scène a été présentée
- ➔ Activité du cortex visuel codant la partie masquée comporte une information qui reflète le contexte de la scène
- ➔ Il est probable que cette activité reflète l'influence d'autres aires du cortex visuel dédiées au traitement du reste de la scène.

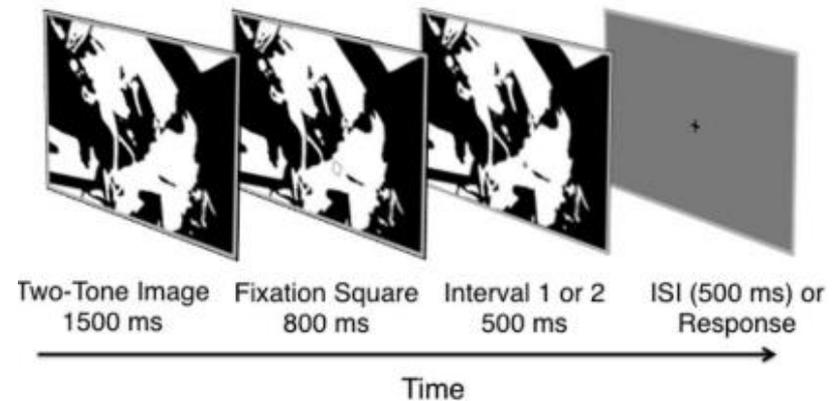


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: rôle des connaissances a priori sur la détection d'orientations

Session 1:



Example probes in the two intervals in Exp. 1:



Example probes in the two intervals in Exp. 2:

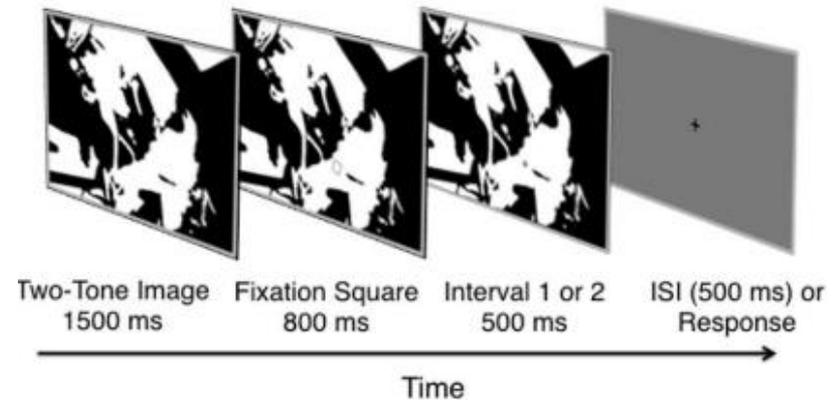
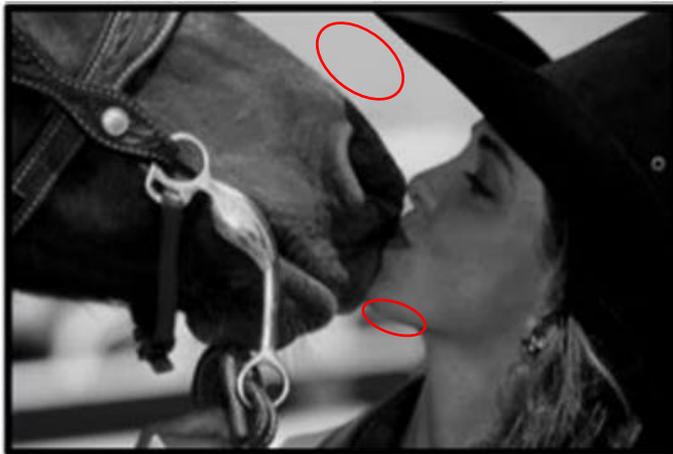


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: rôle des connaissances a priori sur la détection d'orientations

Session 2: idem après avoir présenté les images originales



Example probes in the two intervals in Exp. 1:



Example probes in the two intervals in Exp. 2:

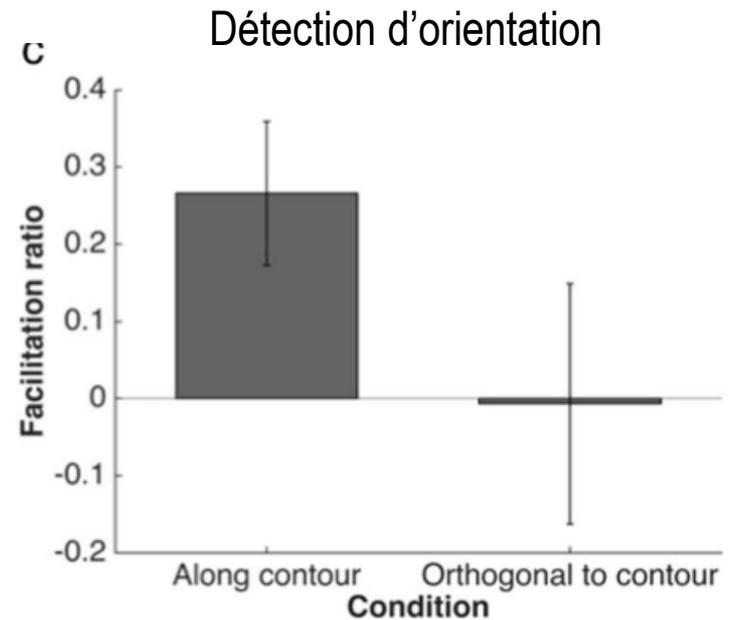
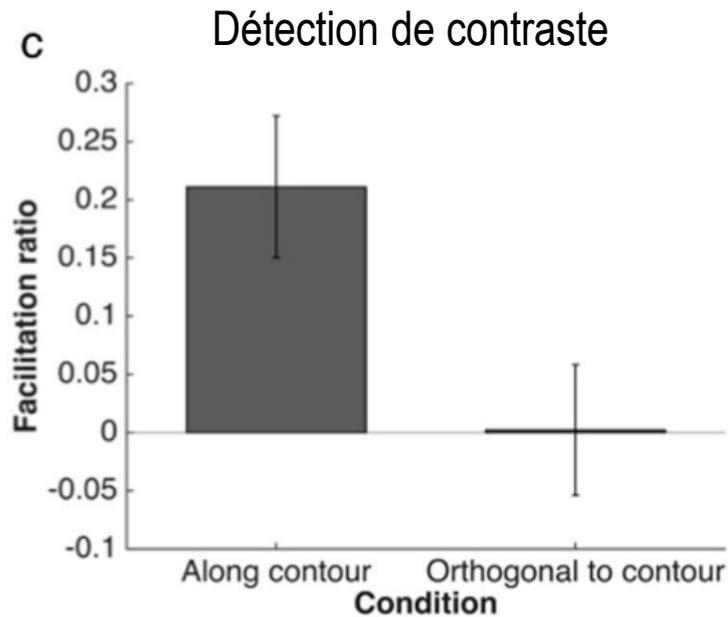


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Exemple: rôle des connaissances a priori sur la détection d'orientations

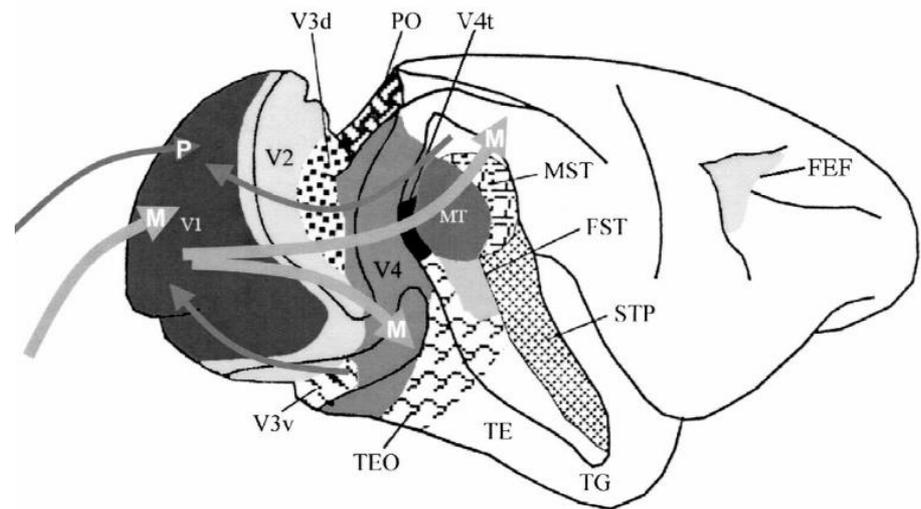
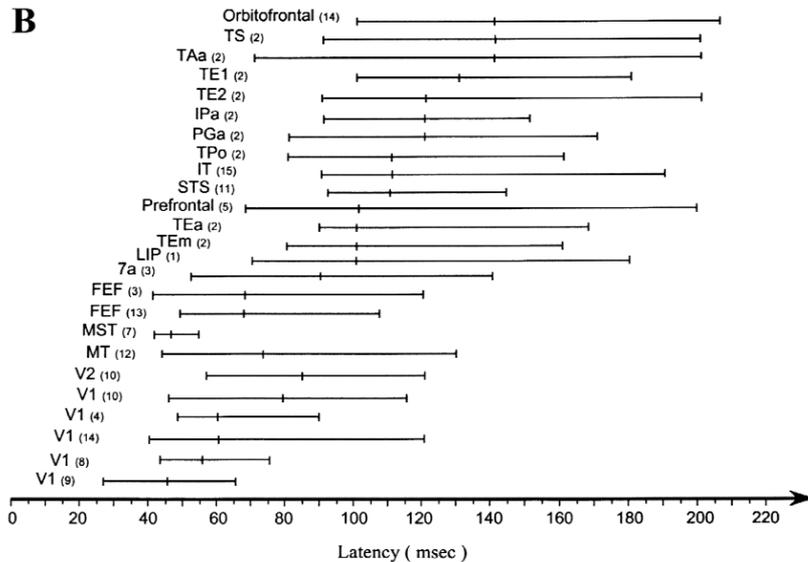
Session 2: idem après avoir présenté les images originales



Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

Modèle intégratif de Bullier: rôle de V1 « as an active blackboard »

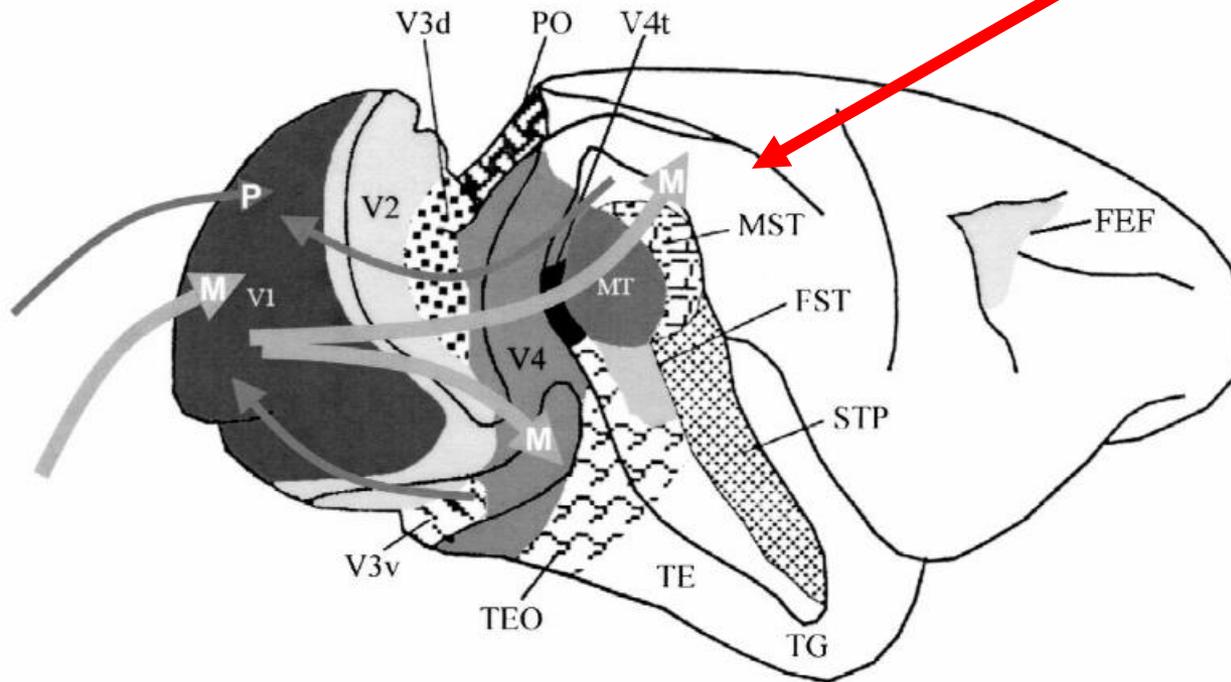


Traitements effectués de la rétine au cortex visuel primaire: Limites

- Le traitement de l'information n'est pas uniquement ascendant (bottom-up)!

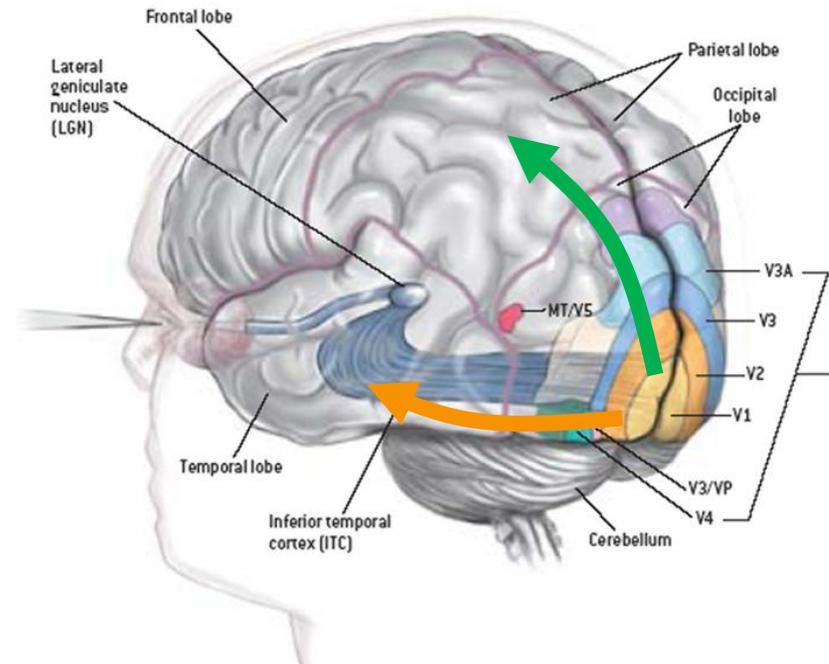
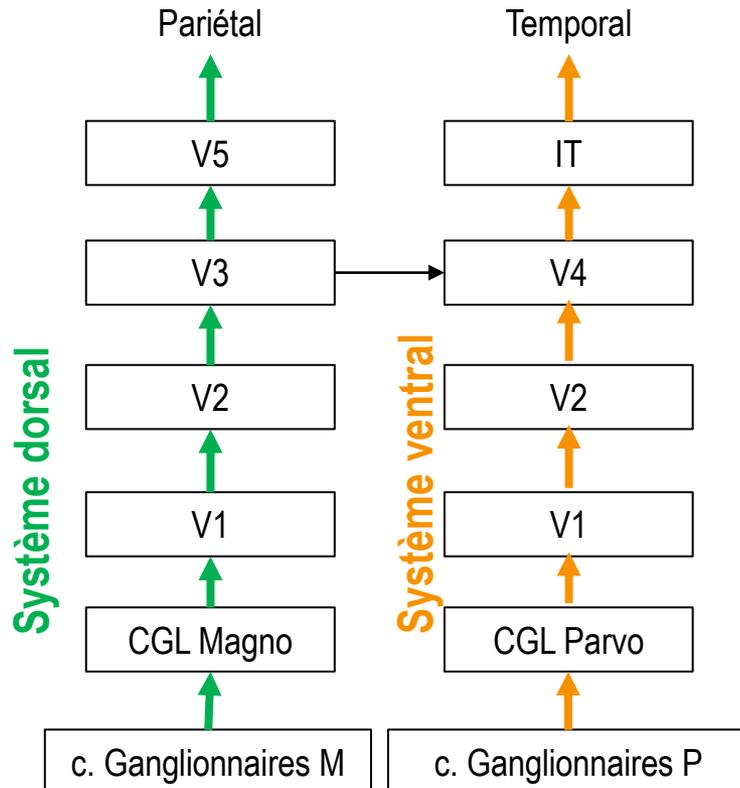
Modèle intégratif de Bullier: rôle de V1 « as an active blackboard »

Au delà de V1: deux
voies distinctes...



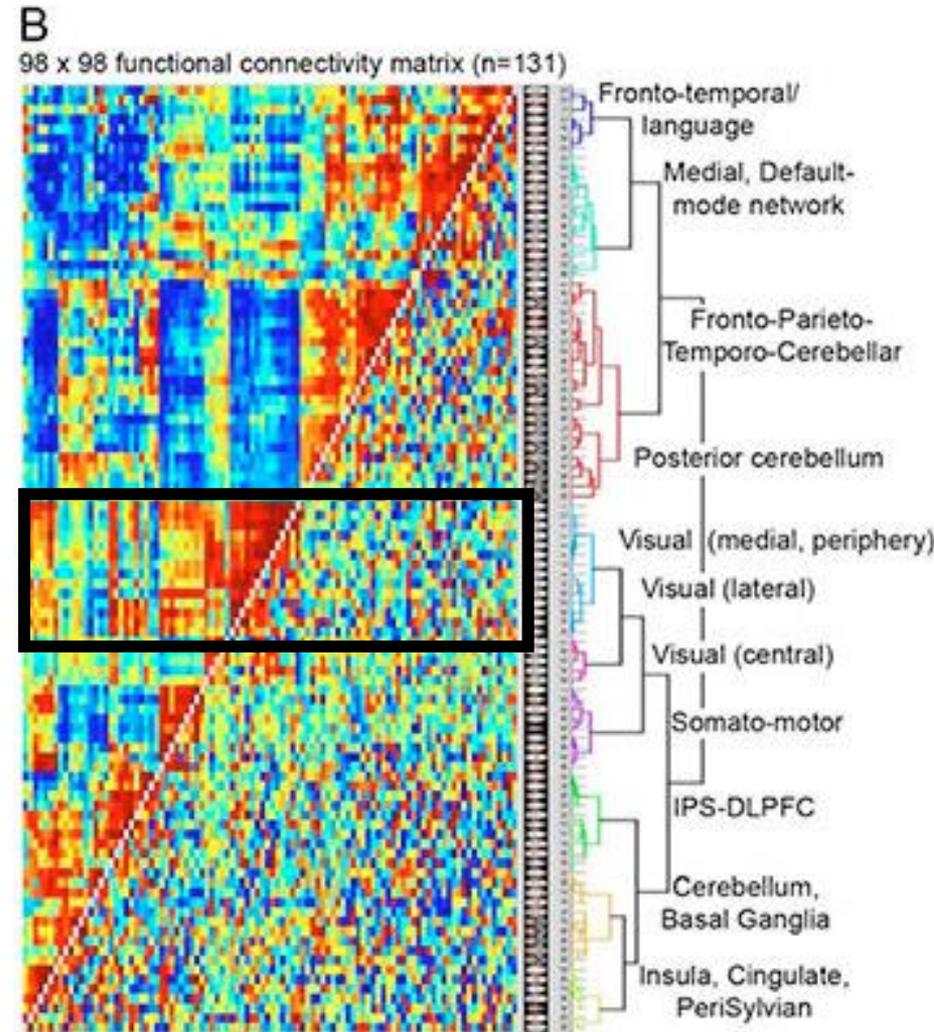
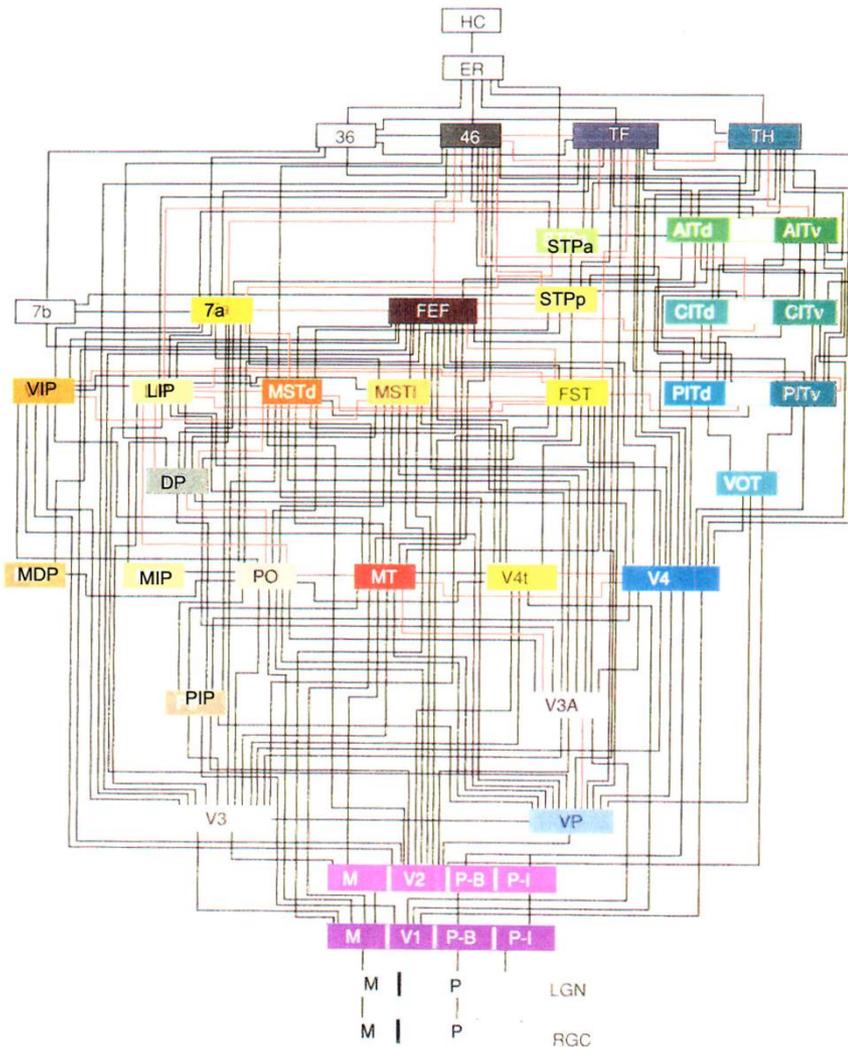
Au delà de V1: aires extra-striées

- En sortie de V1, l'information visuelle est transmise à l'aire visuelle V2
- La ségrégation des informations en provenance des couches M et P du CLG est préservée
→ projection sur des couches différentes de V2
- En sortie de V2: dissociation anatomique entre 2 voies dorsale et ventrale



→ *Diagramme simplifié...*

Diagrammes un peu moins simplifiés

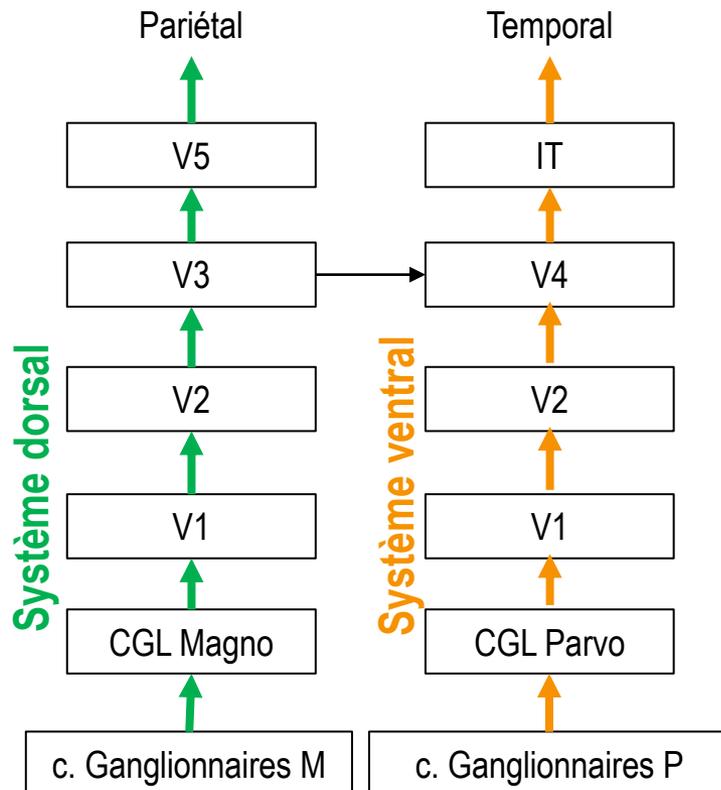


Felleman, D. J. and D. C. Van Essen (1991). "Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex." *Cerebral cortex* 1(1): 1-47.

Smith et al., Functional connectomics from resting-state fMRI *Trends Cogn. Sci.* (2013)

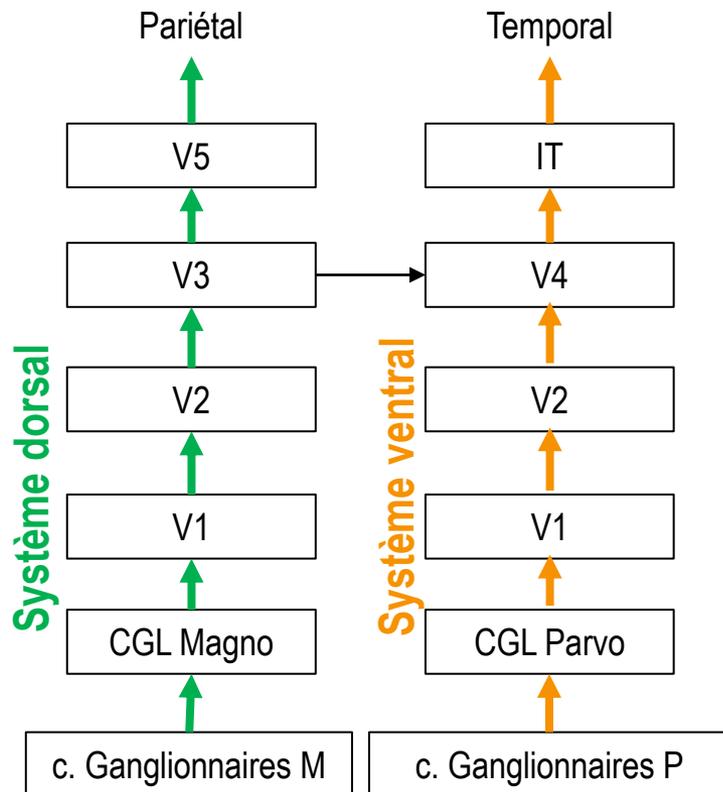
Au delà de V1: aires extra-striées

- En sortie de V1, l'information visuelle est transmise à l'aire visuelle V2
- La ségrégation des informations en provenance des couches M et P du CLG est préservée
→ projection sur des couches différentes de V2
- En sortie de V2: dissociation anatomique entre 2 voies dorsale et ventrale



→ Régions rétinotopiques et spécialisées dans l'extraction de caractéristiques élémentaires spécifiques...

Au delà de V1: aires extra-striées



Nécessité d'intégrer les caractéristiques physiques codées séparément en une configuration globale ou forme. Cette intégration suppose:

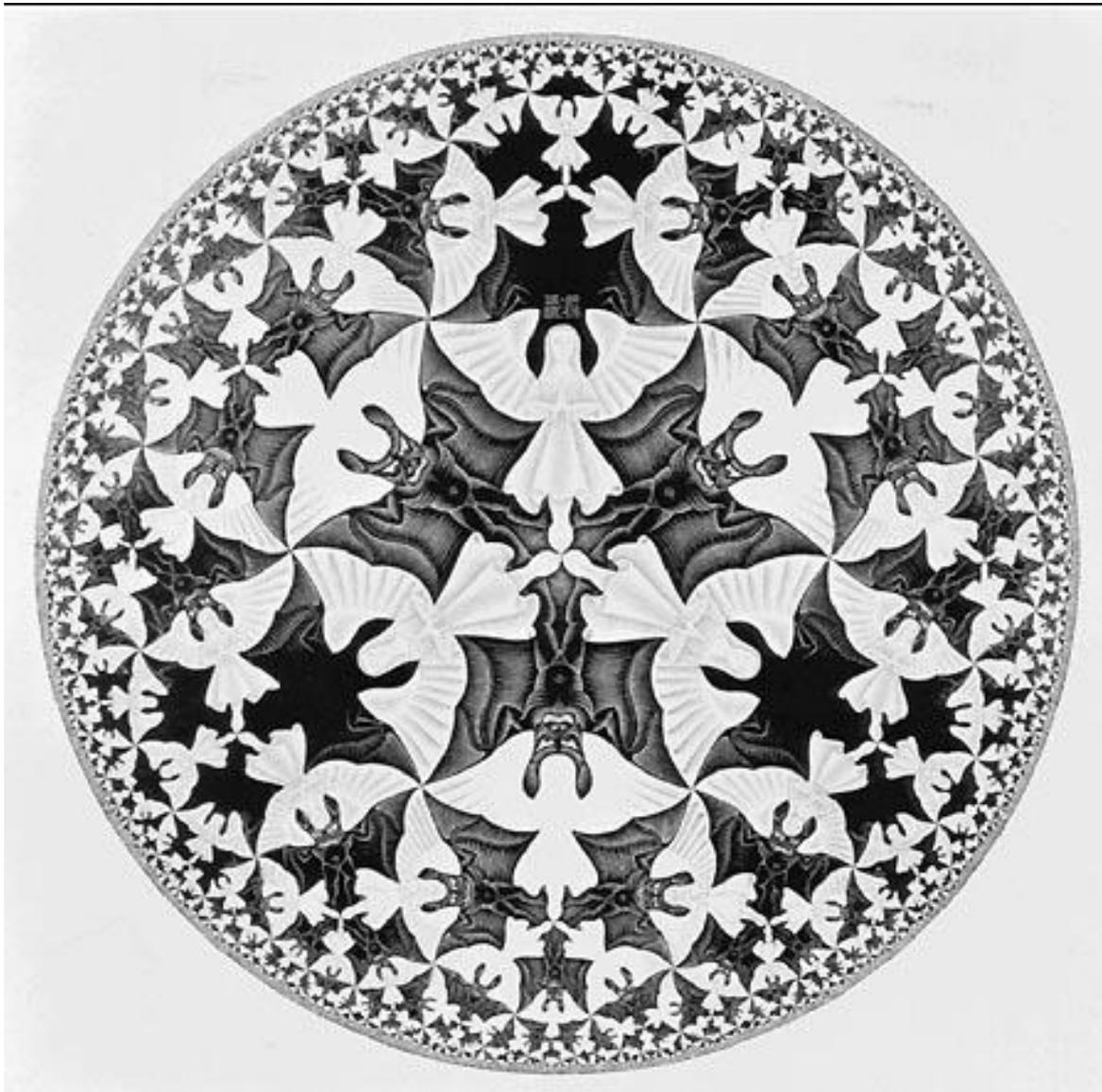
- De délimiter les contours, les bords de la forme.
- De remplir la forme via les propriétés de surface
- Regroupement des surfaces en objets tridimensionnels et liaisons entre ces objets



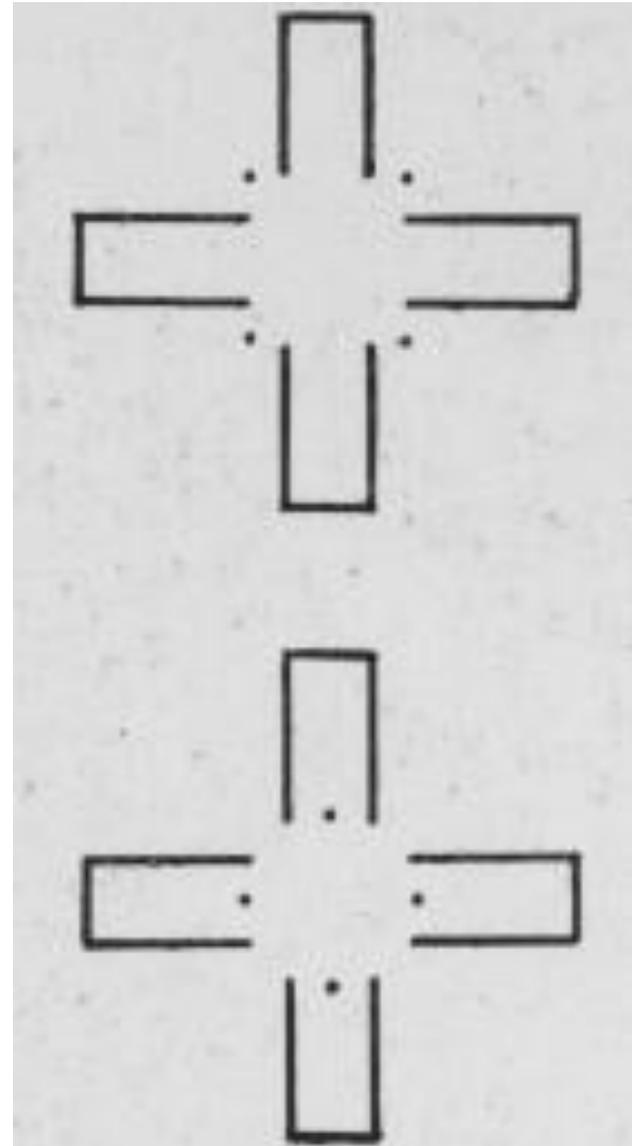
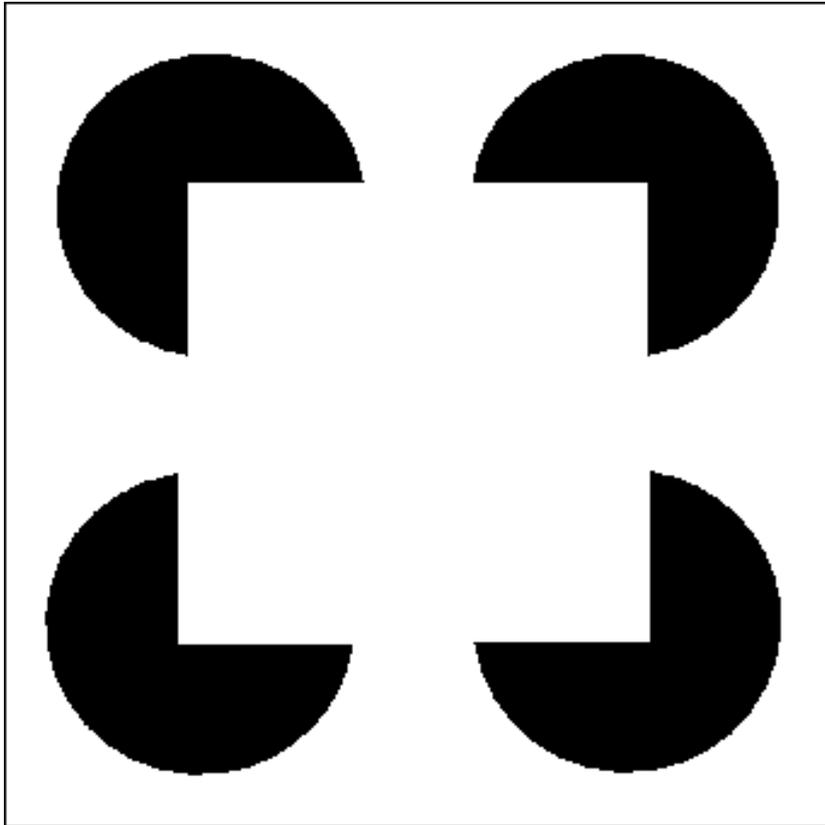
Extraction de caractéristiques élémentaires:

- Luminance
- Couleur
- Orientation
- Fréquences spatiales
- Binocularité
- Mouvement

Contours et surface déterminent l'objet

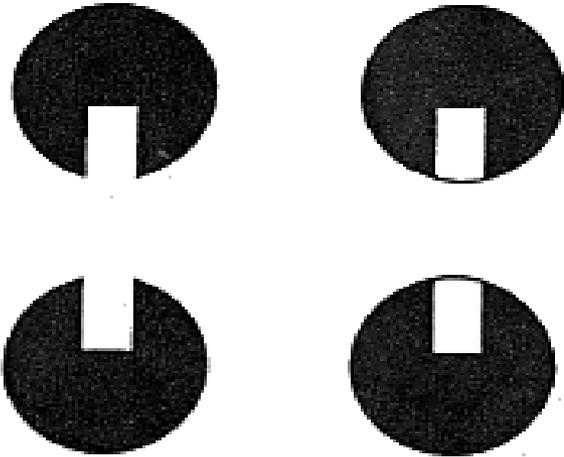


Contours et surface déterminent l'objet



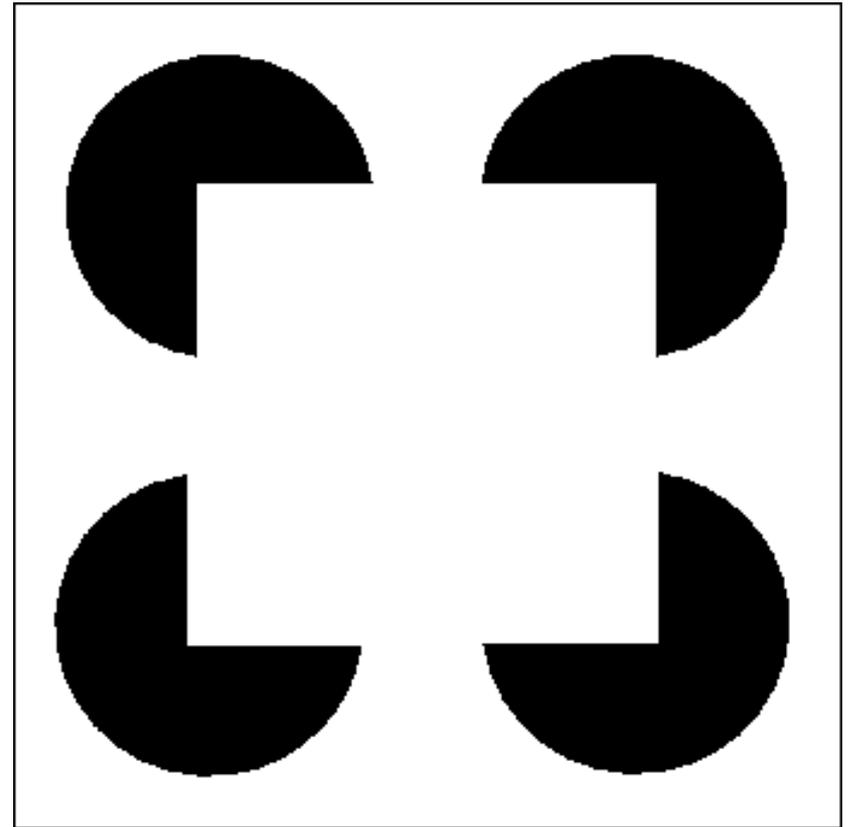
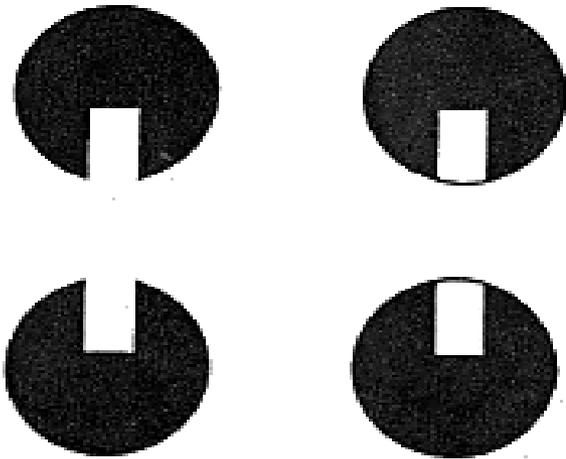
Contours et surface déterminent l'objet

Rôle fonctionnel: complétion de contours lors de masquage et ségrégation d'objets



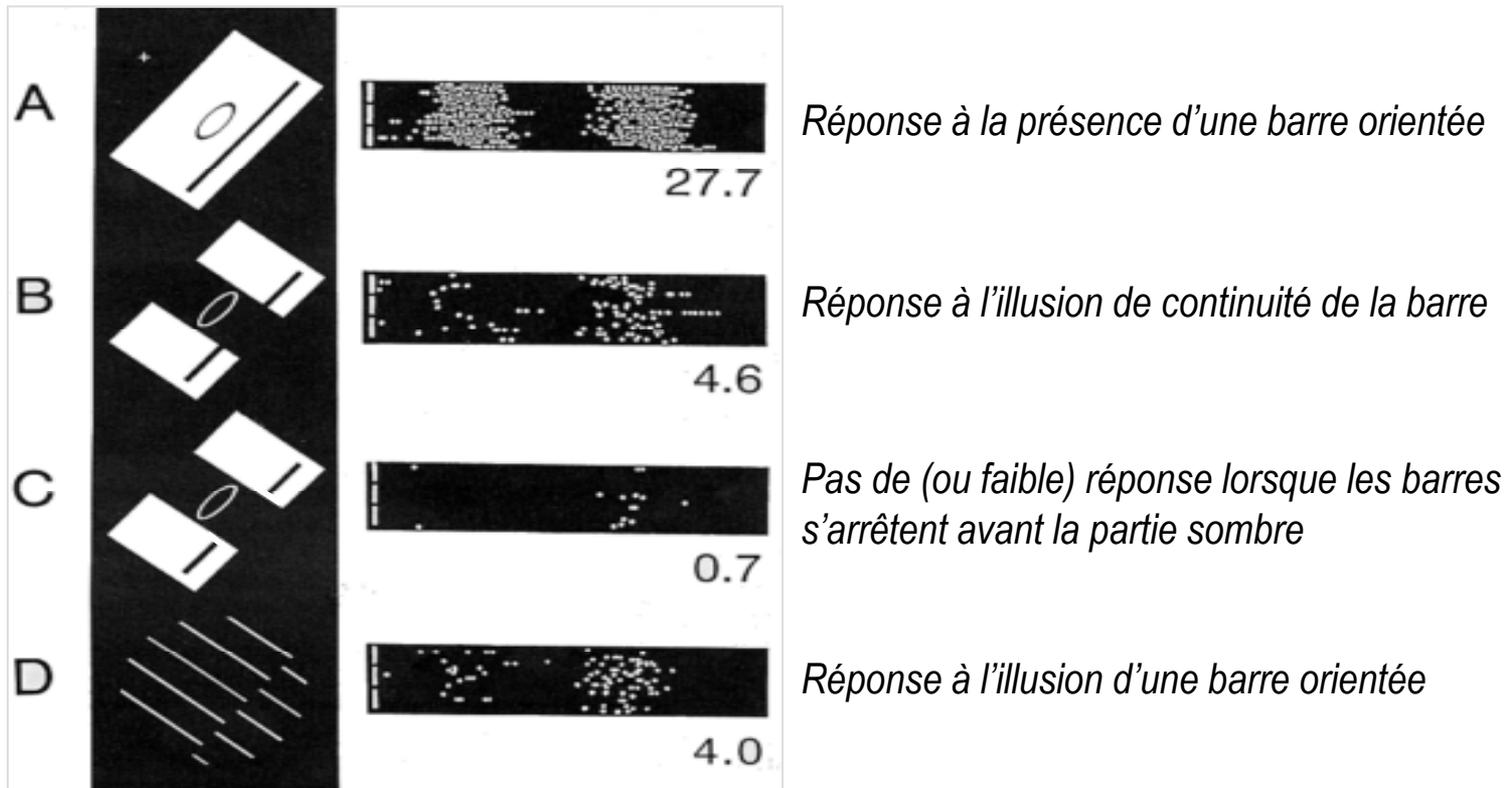
Contours illusoires

Rôle fonctionnel: complétion de contours lors de masquage et ségrégation d'objets

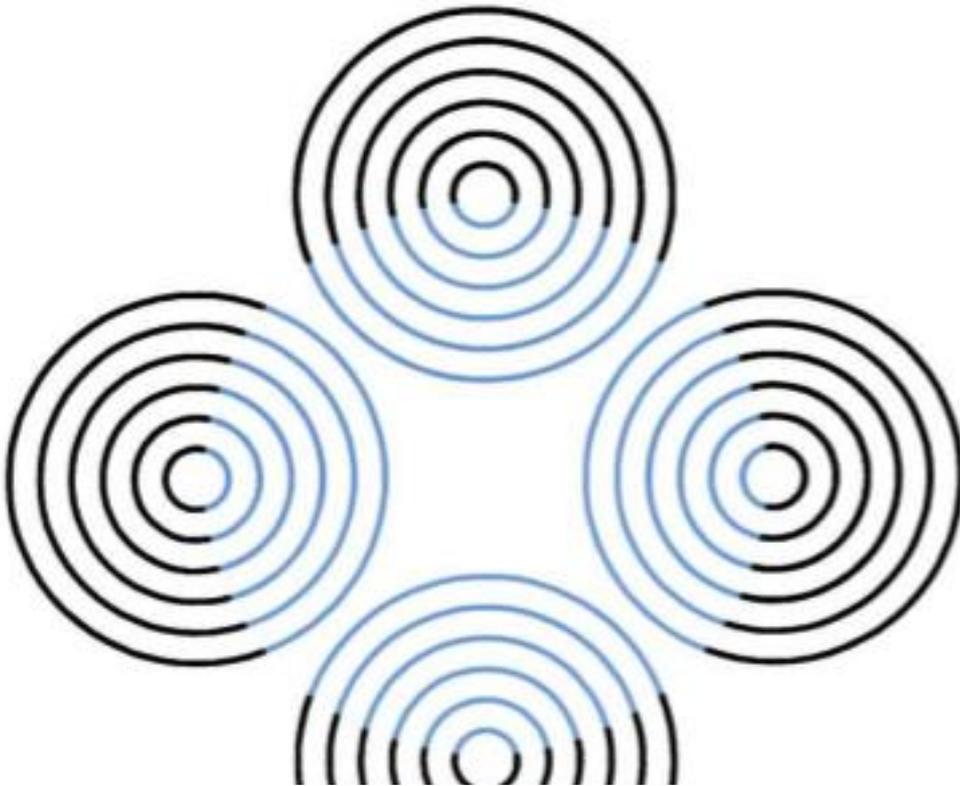


Rôle de V2 dans l'extraction de contours

Enregistrement des cellules de V2 chez le macaque

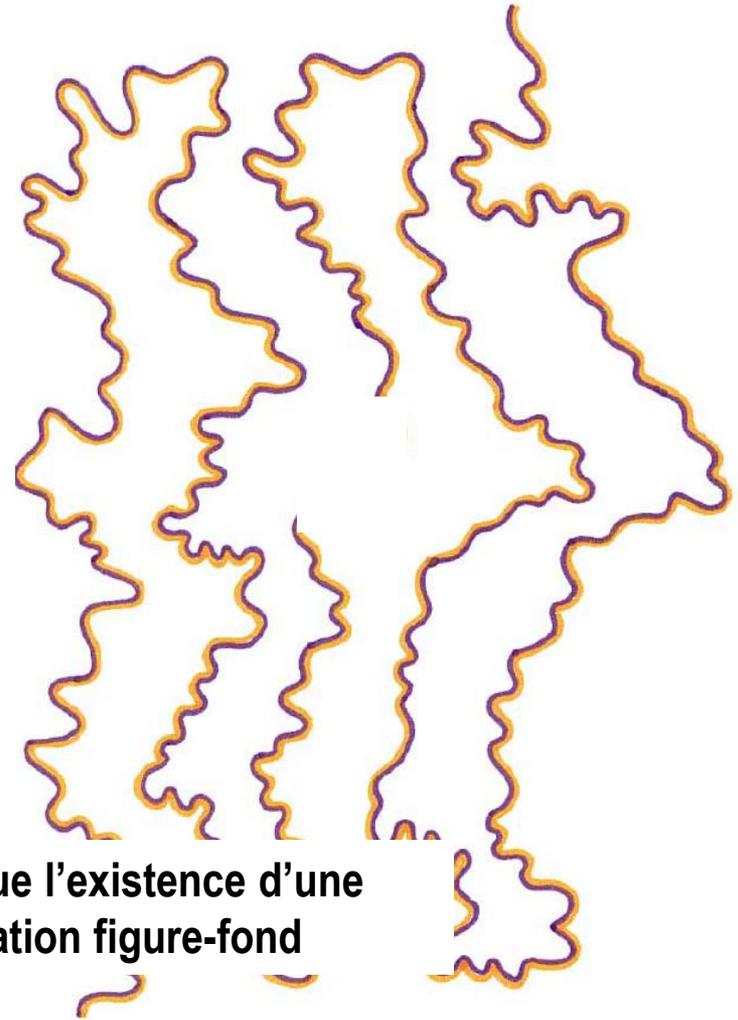


Contours et surface déterminent l'objet



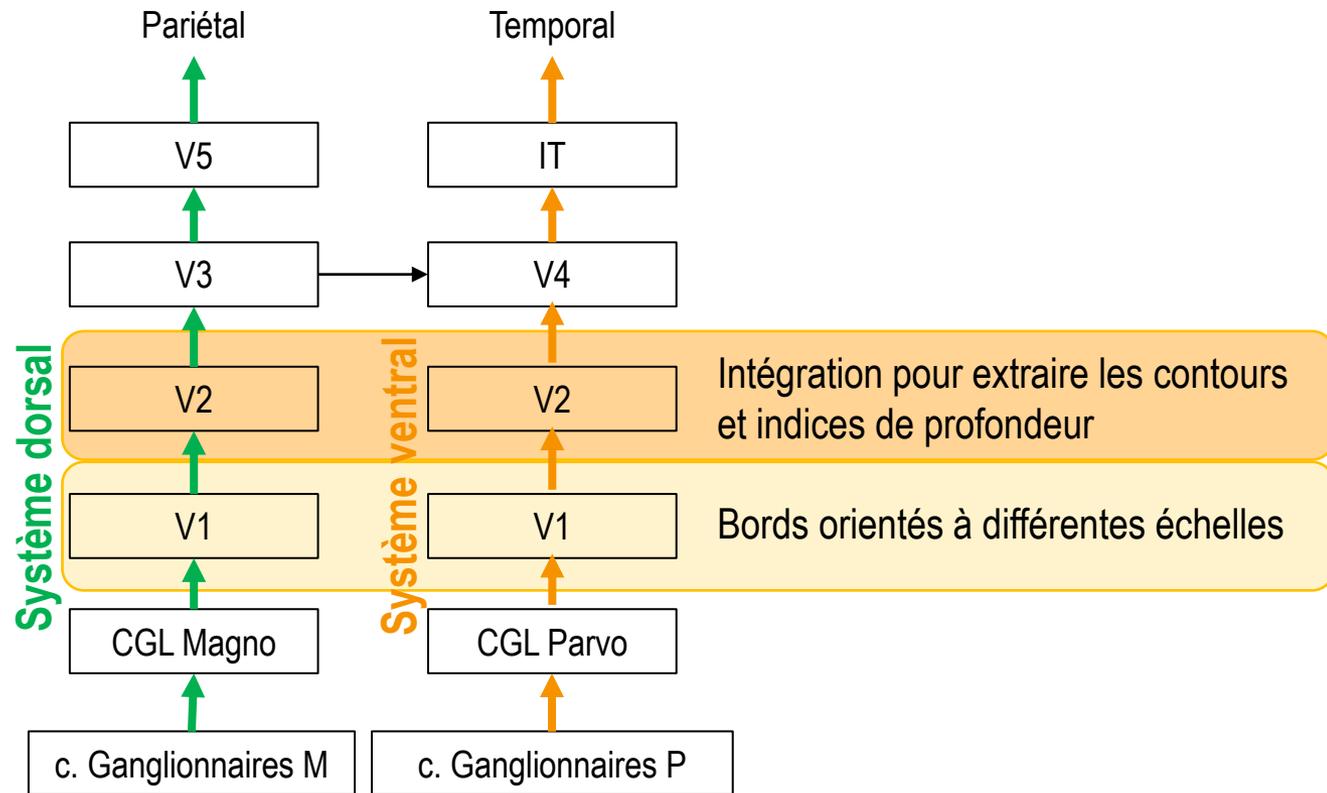
La perception d'un contour implique l'existence d'une surface et vice versa → ségrégation figure-fond

Neon spreading illusion



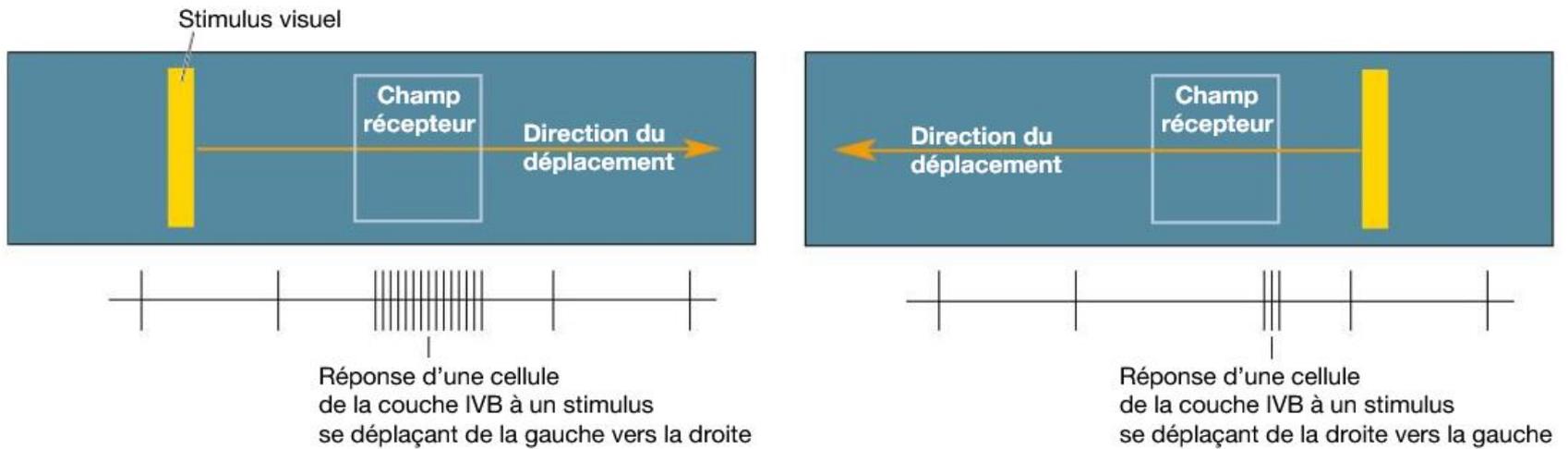
Water color illusion

Au delà de V1: aires extra-striées



Extraction du mouvement

- Il existe dans V1 des cellules sélectives à la direction du mouvement
- Petit champ récepteur



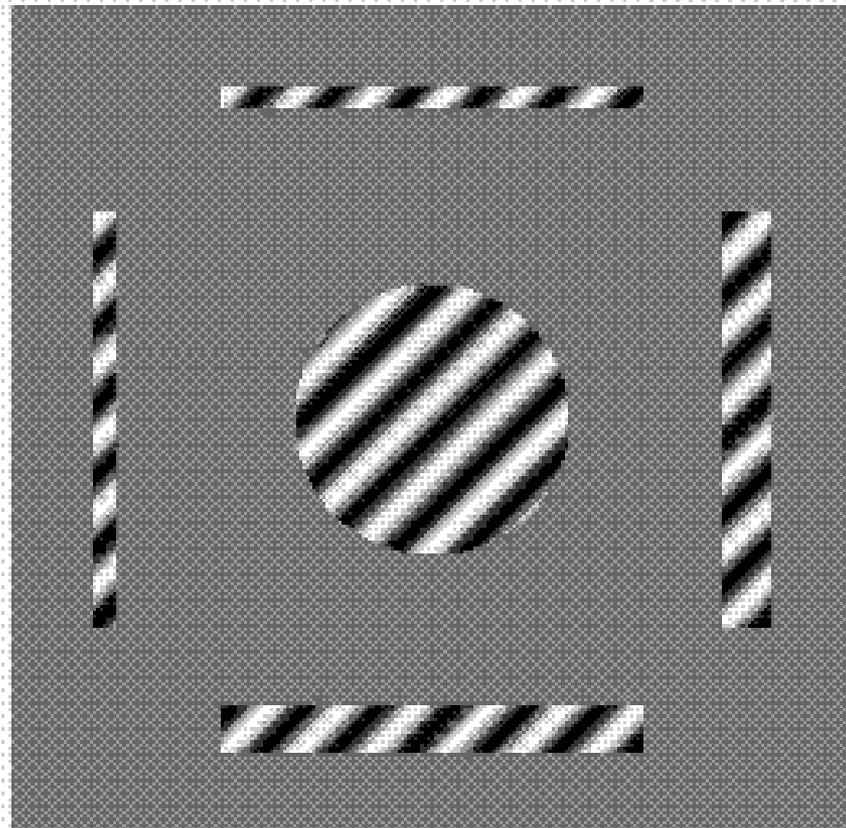
- Ne permet pas de coder correctement un mouvement global

Extraction du mouvement

- Illustration:

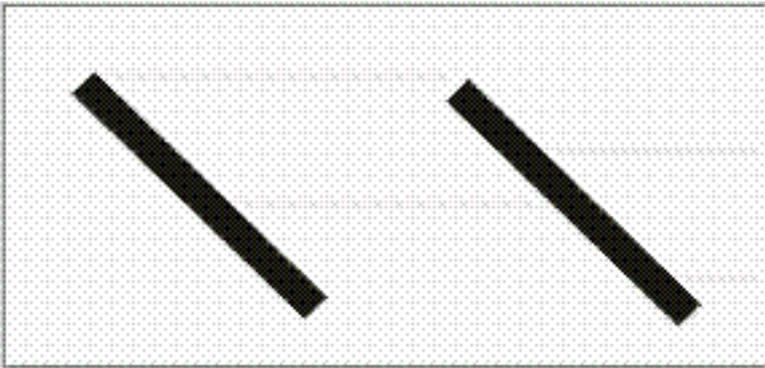


Barber pole illusion

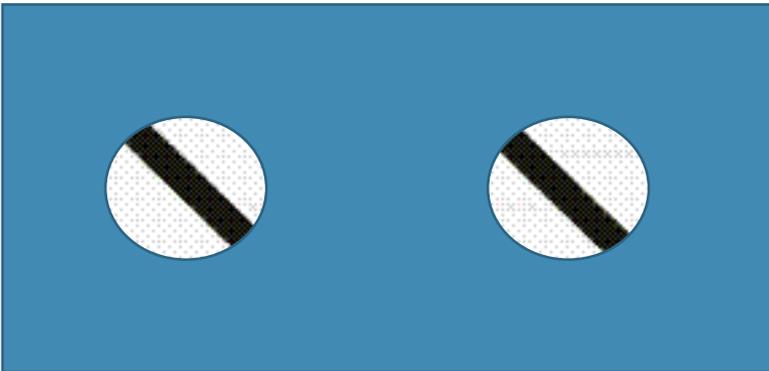


Extraction du mouvement

- Illustration:



Les 2 barres ont la même orientation mais des mouvements différents ...



Si on perçoit le mouvement de ces 2 barres à travers le rond on perçoit le même mouvement
→ Un champ récepteur de petite taille ne permet pas d'extraire correctement le mouvement

Extraction du mouvement

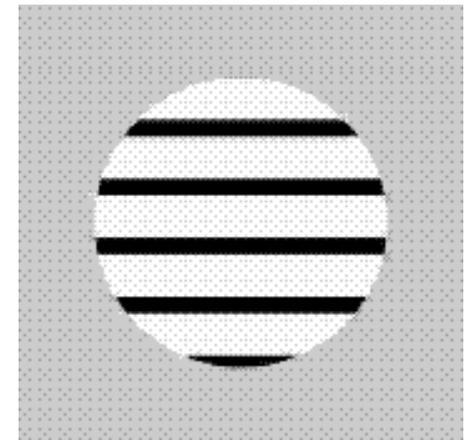
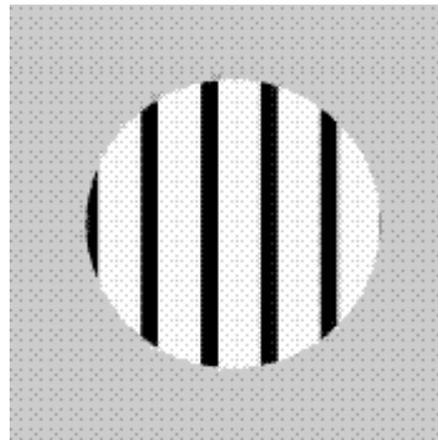
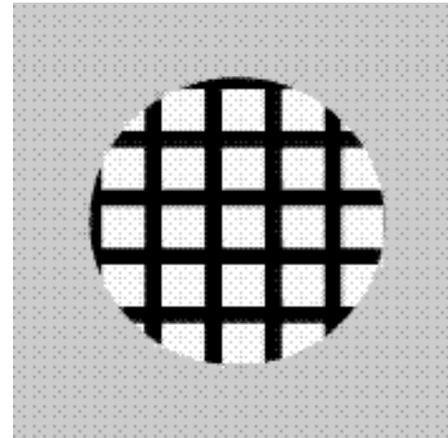
- Illustration:

Quand le champ récepteur est trop petit, il existe une ambiguïté sur la direction du mouvement

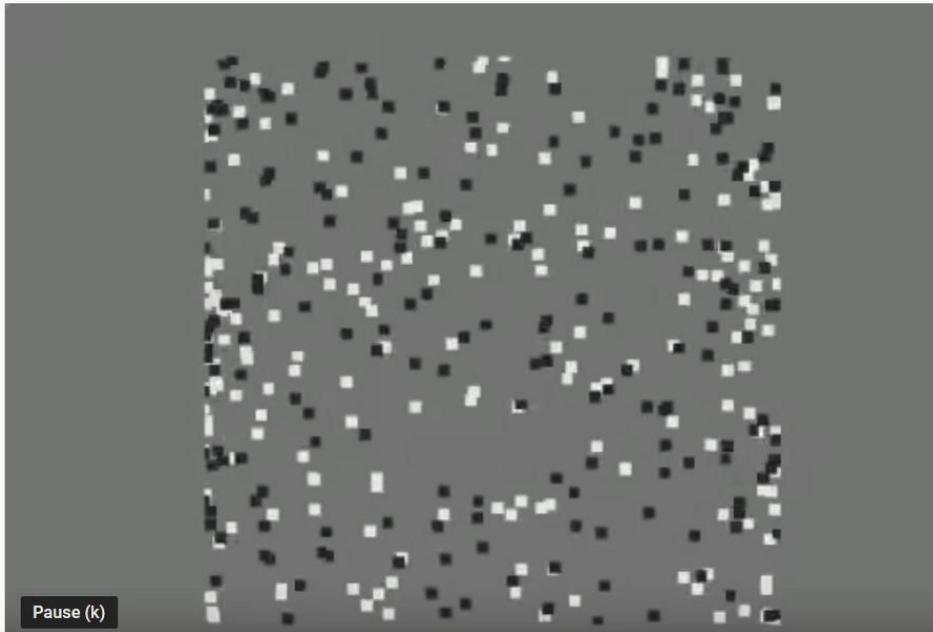
→ Nécessité d'intégrer plus globalement les informations locales

Conséquence: Un mouvement illusoire peut apparaître

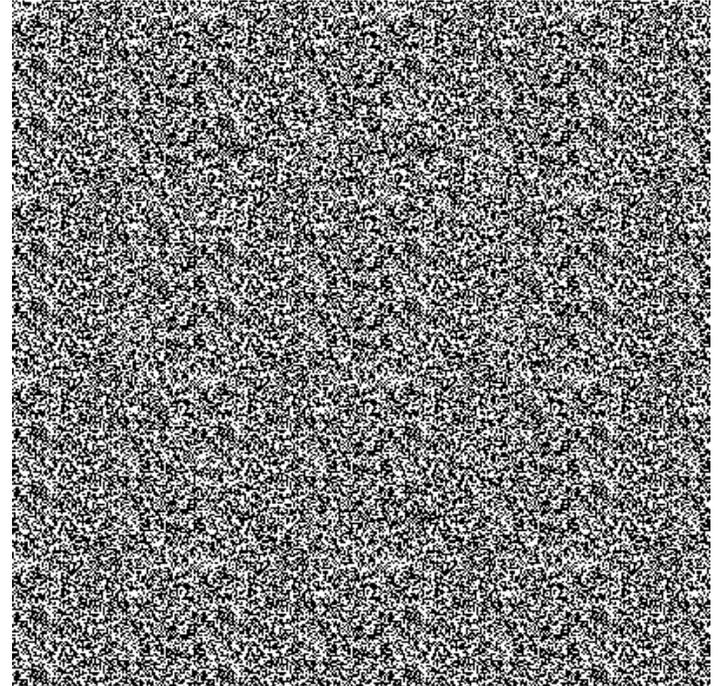
La somme de mouvement est différente des parties



Extraction du mouvement



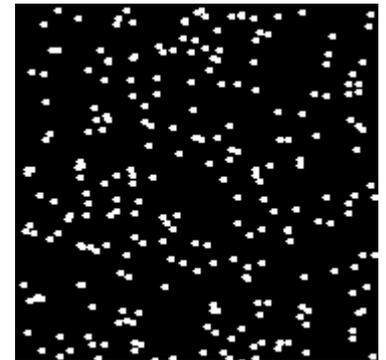
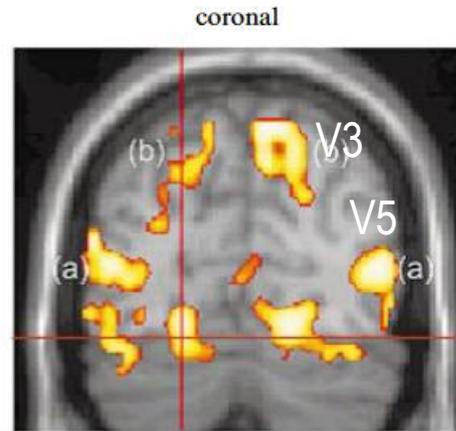
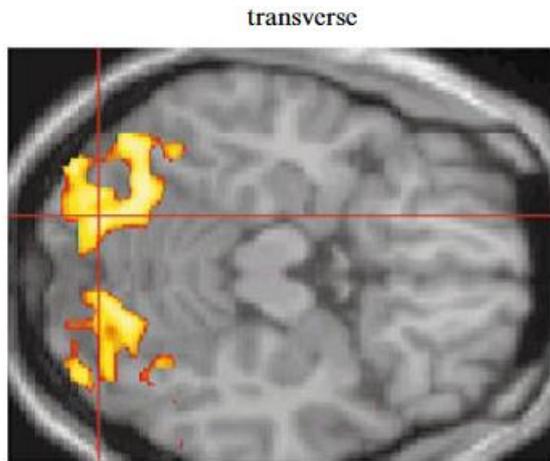
<https://www.youtube.com/watch?v=RdwU28bghbQ>



L'intégration globale du mouvement peut aussi permettre d'extraire la forme
→ Des neurones de V3 sont sensibles à ce type de mouvement (Zeki, 1993)

Extraction du mouvement

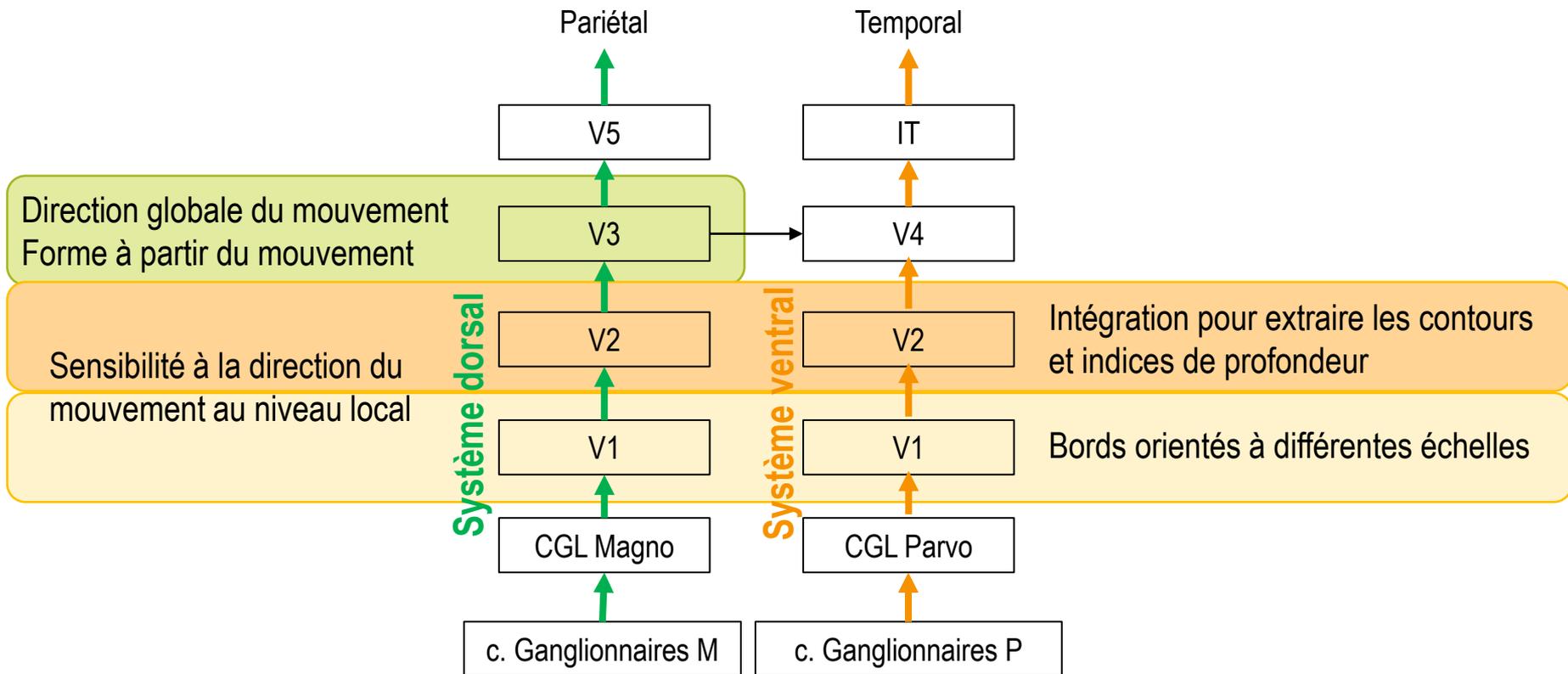
Etude de la réponse des aires visuelles à un mouvement cohérent (vs aléatoire) – Braddick et al. (2001)



→ V3 et V5

→ V1/V2 répondent de la même façon à un mouvement cohérent ou aléatoire → la direction globale du mouvement est intégrée dès V3

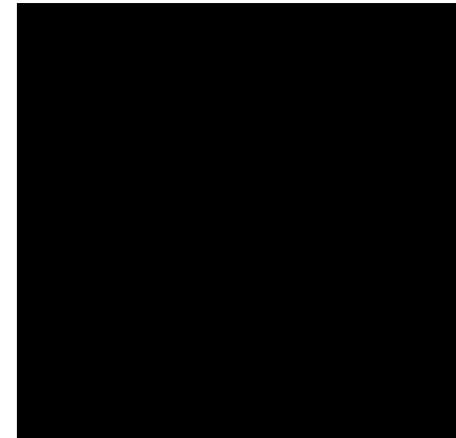
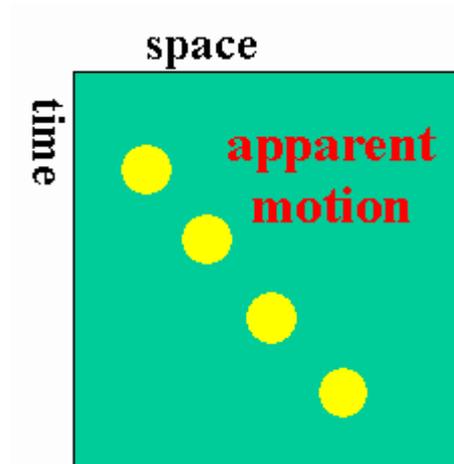
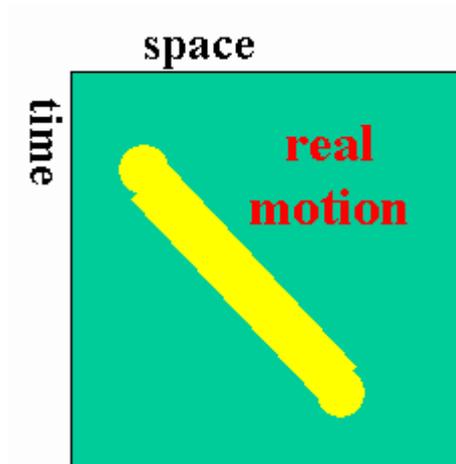
Au delà de V1: aires extra-striées



Extraction du mouvement

Aire V5/MT

- Presque tous les neurones sont sensibles à la direction du mouvement
- Sensibilité à différents types de mouvements (latéral, radial, réel, apparent...), à leur vitesse, indices de profondeur sur la base du mouvement...





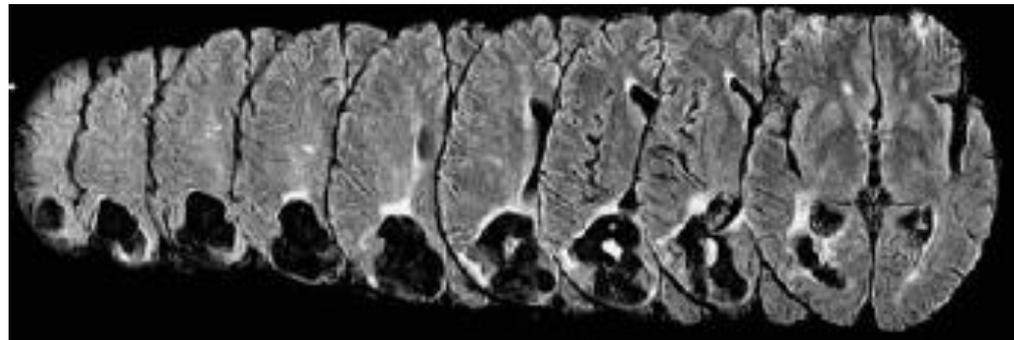
Illusion de mouvement à partir uniquement de 2 frames

Extraction du mouvement

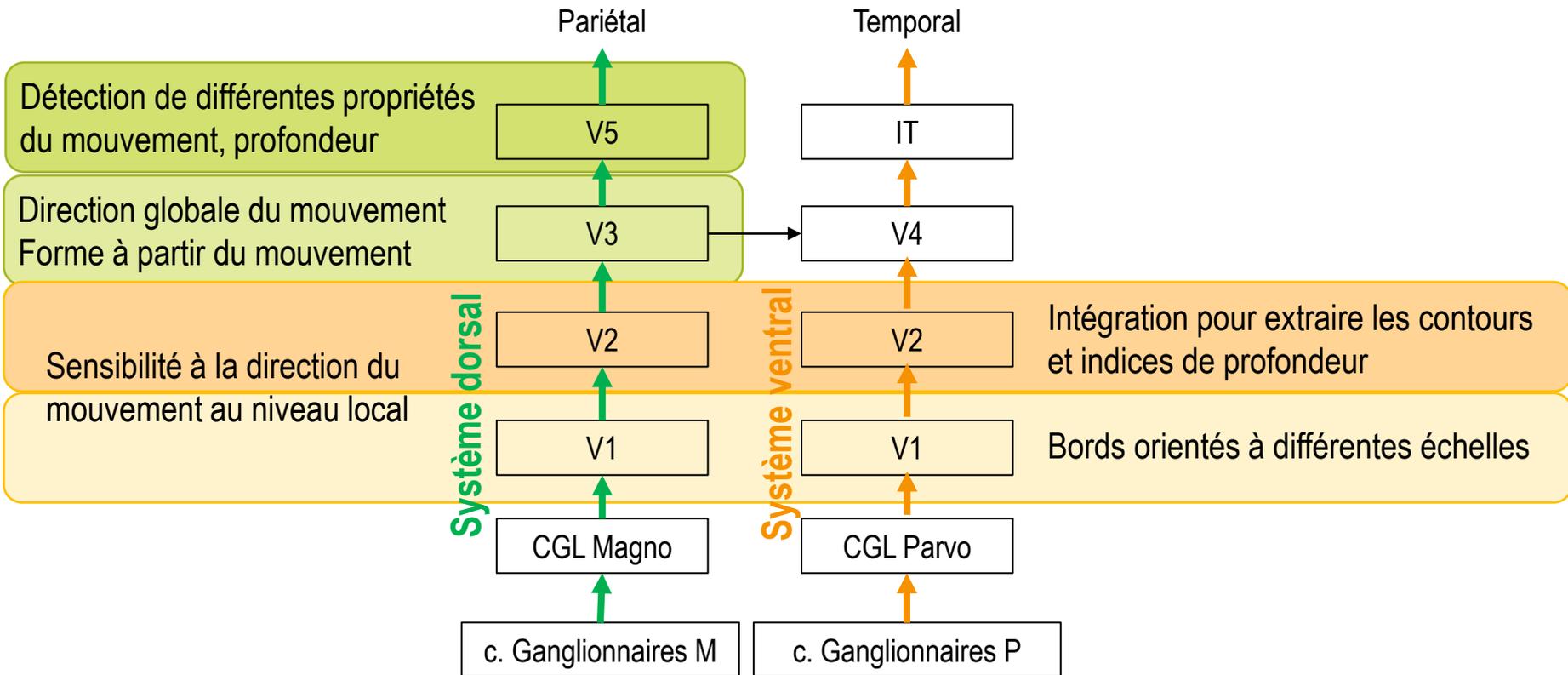
Aire V5/MT

- Presque tous les neurones sont sensibles à la direction du mouvement
- Sensibilité à différents types de mouvements (latéral, radial, réel, apparent...), à leur vitesse, indices de profondeur sur la base du mouvement...
- Rôle causal dans la perception d'un mouvement fluide et continu?
 - Patiente LM: Lésion bilatérale de V5
 - pas de problème de perception des parties, pas non plus de problème de perception des objets mais n'arrive pas à voir le mouvement = akinétopsie

« lorsqu'elle se servait une tasse de café, celui-ci apparaissait comme quelque peu gelé au fond de la tasse et soudain débordait sur la table. Plus inquiétant, elle ne pouvait pas traverser une rue sans danger ; voir une voiture arriver à distance l'autorisait à traverser, sauf que l'instant d'après, la voiture était sur elle... »



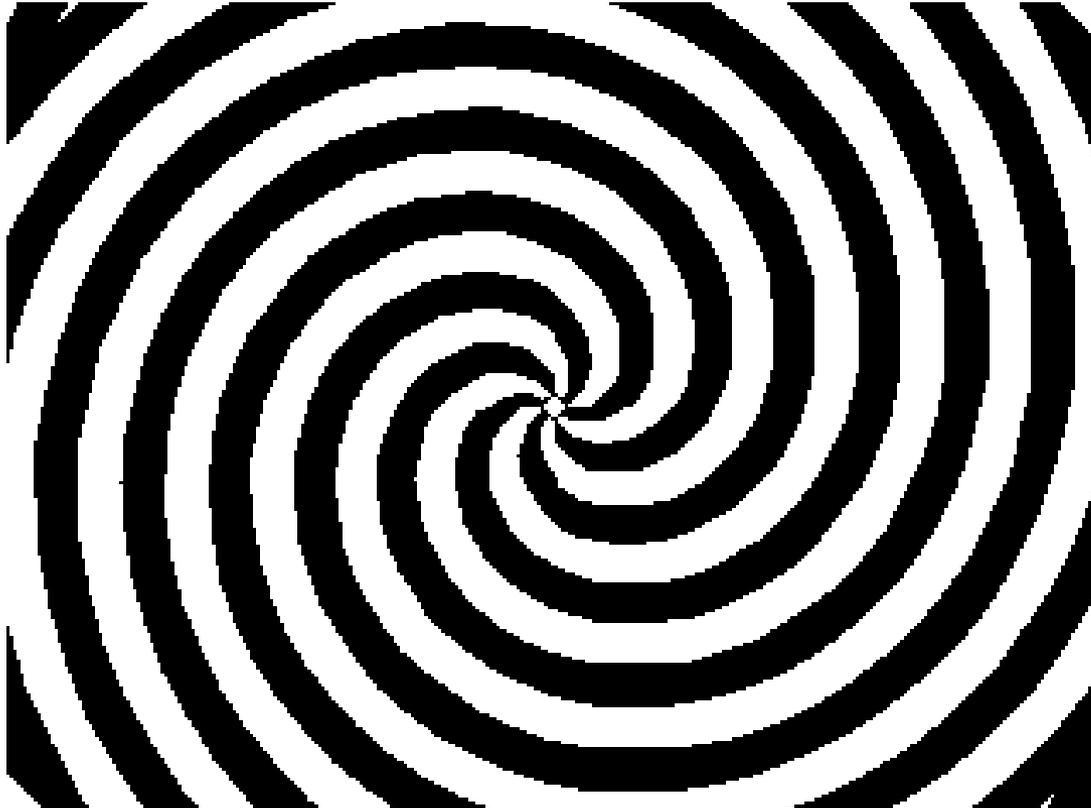
Au delà de V1: aires extra-striées



Extraction du mouvement

Après V5, d'autres aires sont impliquées dans l'extraction de propriétés plus complexes du mouvement...

- Aire MST (medial superior temporal): Détection de mouvement en spirale



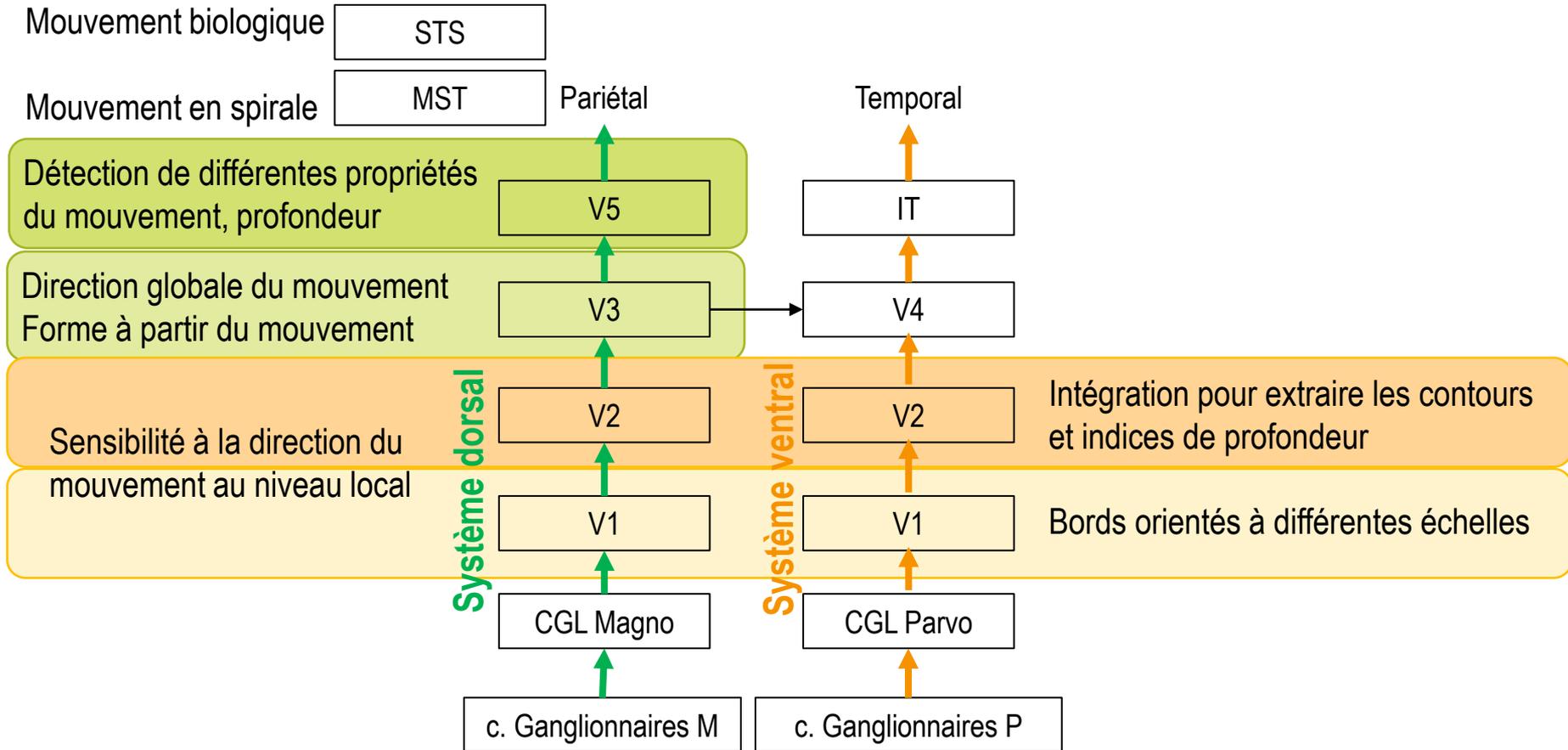
Extraction du mouvement

Après V5, d'autres aires sont impliquées dans l'extraction de propriétés plus complexes du mouvement...

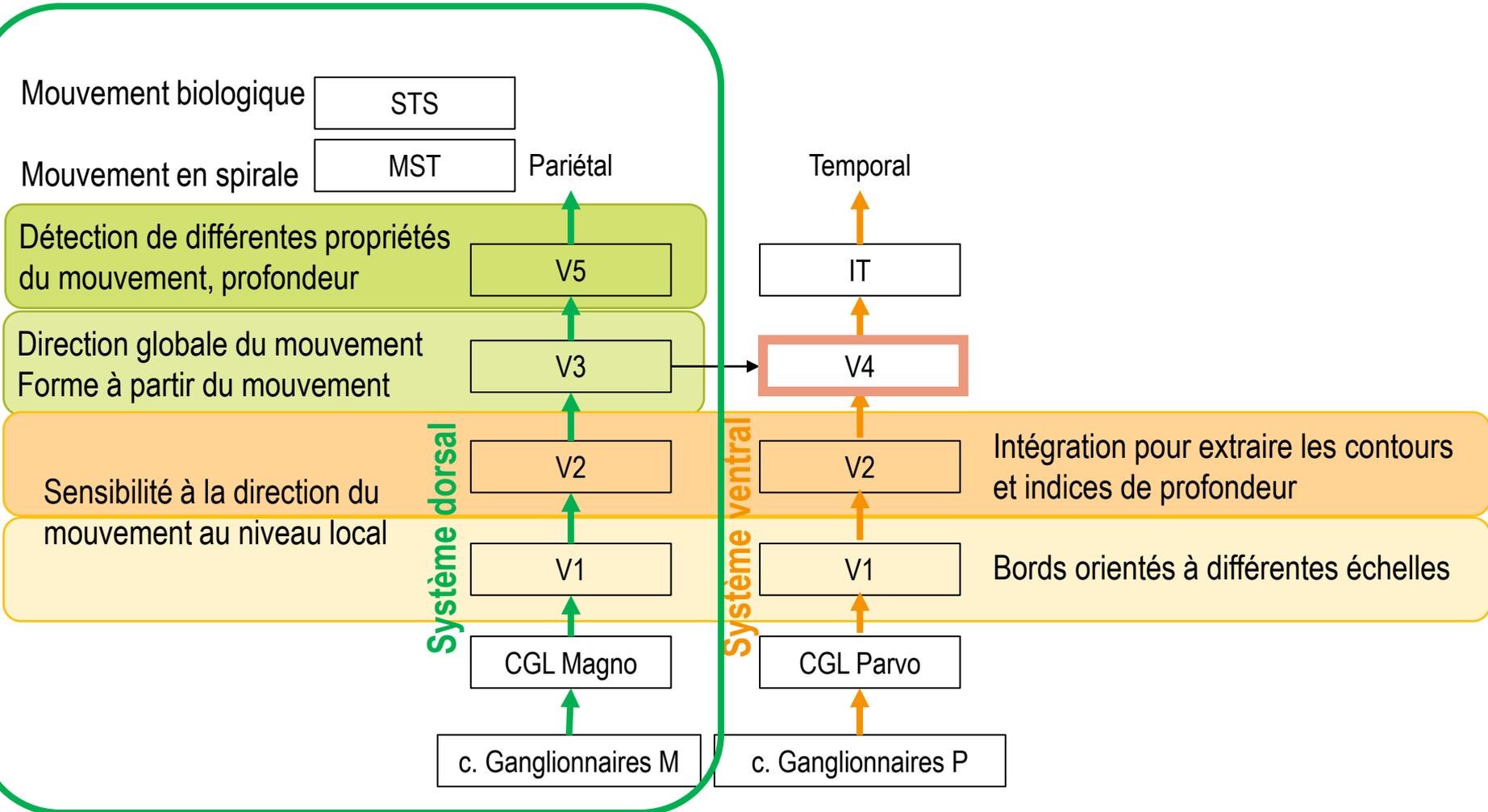
- Aire MST (medial superior temporal): Détection de mouvement en spirale
- Aire STS (superior temporal sulcus): Détection de mouvements biologiques



Au delà de V1: aires extra-striées

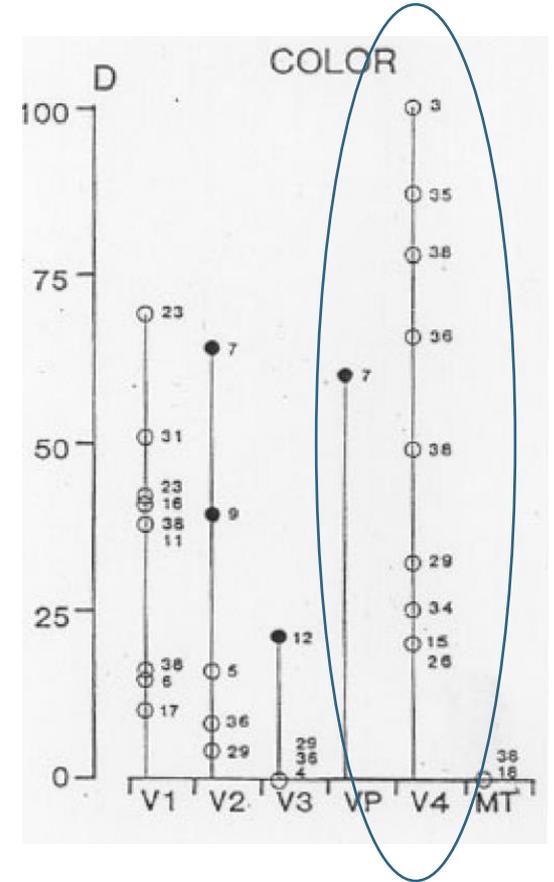
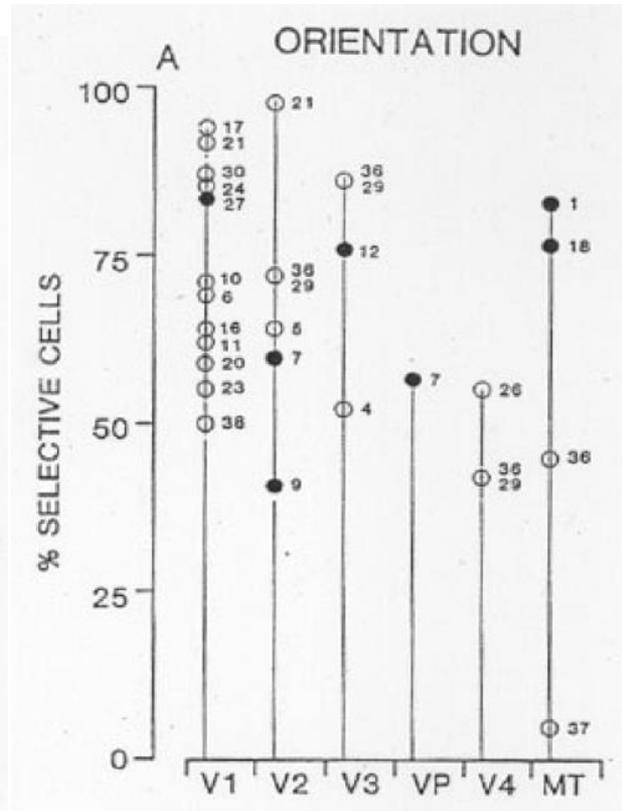
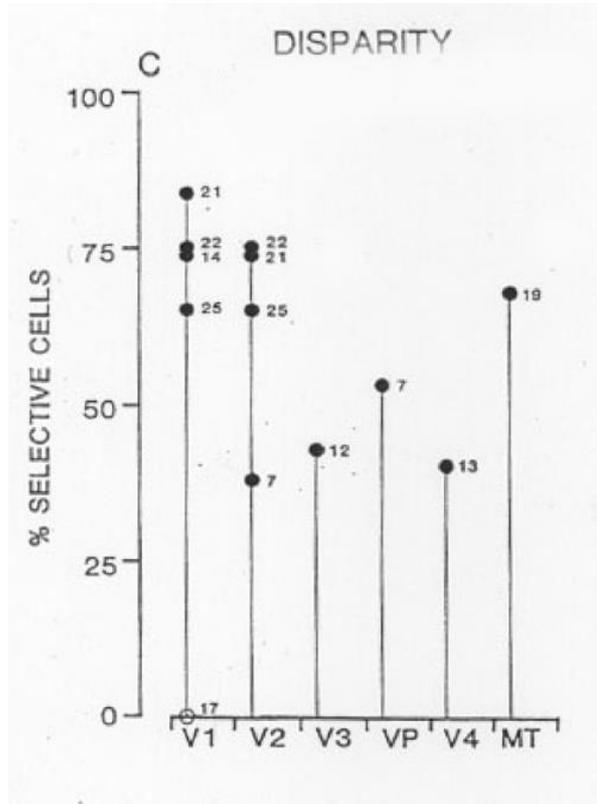


Au delà de V1: aires extra-striées



Voie du « Where » → Vision pour l'action

L'aire V4 sélective à la couleur?



L'aire V4 sélective à la couleur?

- Aire V4 contient des neurones sélectifs à la couleur
- ... mais aussi des neurones sélectifs à des formes complexes:

Exemple: étude de la réponse des cellules de V4 à des réseaux modulés de façon cartésienne (A), polaire (B) ou hyperbolique (C)

$$L_p(x, y) = L_0 1 + m [\cos(2\pi f_c + \theta)] + \cos(2\pi f_r + \theta)$$

$$c(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$r(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

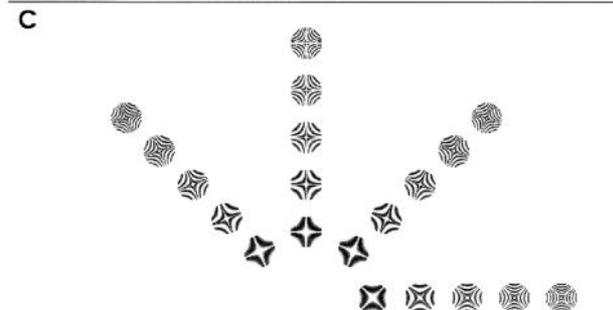
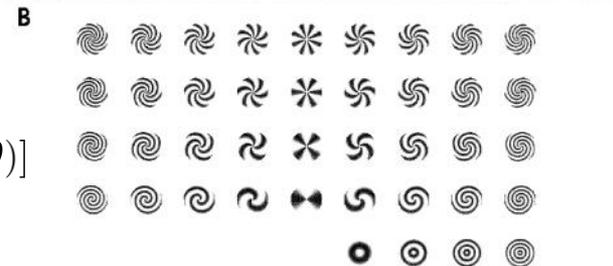
$$L_H(x, y) = L_0 1 + m [\cos(2\pi f \sqrt{uv} + \theta)]$$

$$u(x, y) = (x \cos \phi) - (y \sin \phi)$$

$$v(x, y) = (x \sin \phi) + (y \cos \phi)$$

$$L_c(x, y) = L_0 1 + m [\cos(2\pi f u + \theta)]$$

$$u(x, y) = (x \cos \phi) - (y \sin \phi)$$

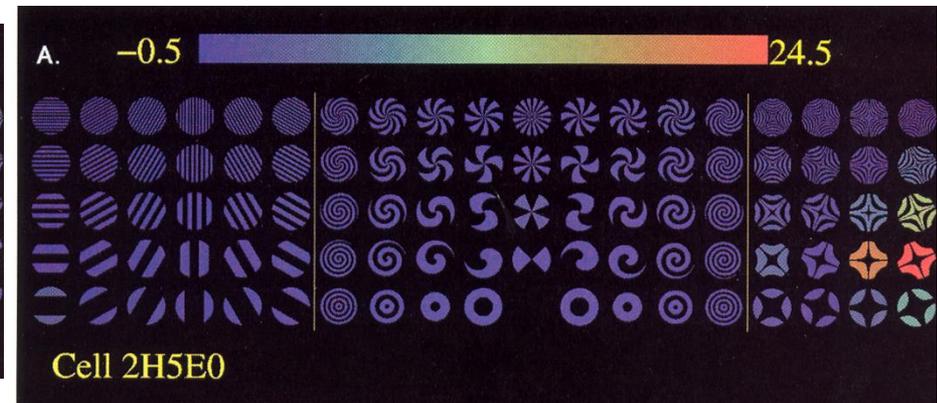
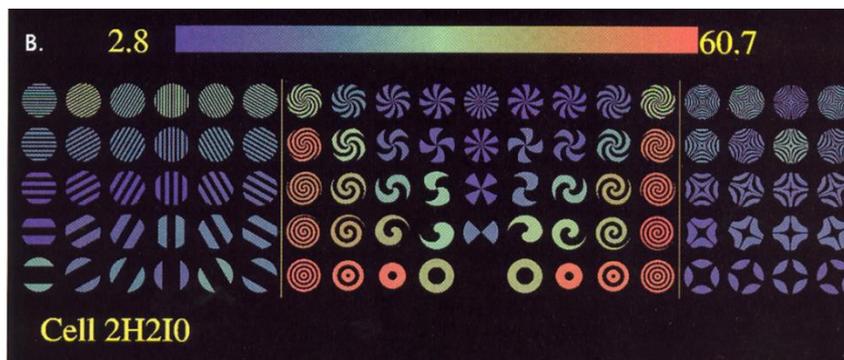


L'aire V4 sélective à la couleur?

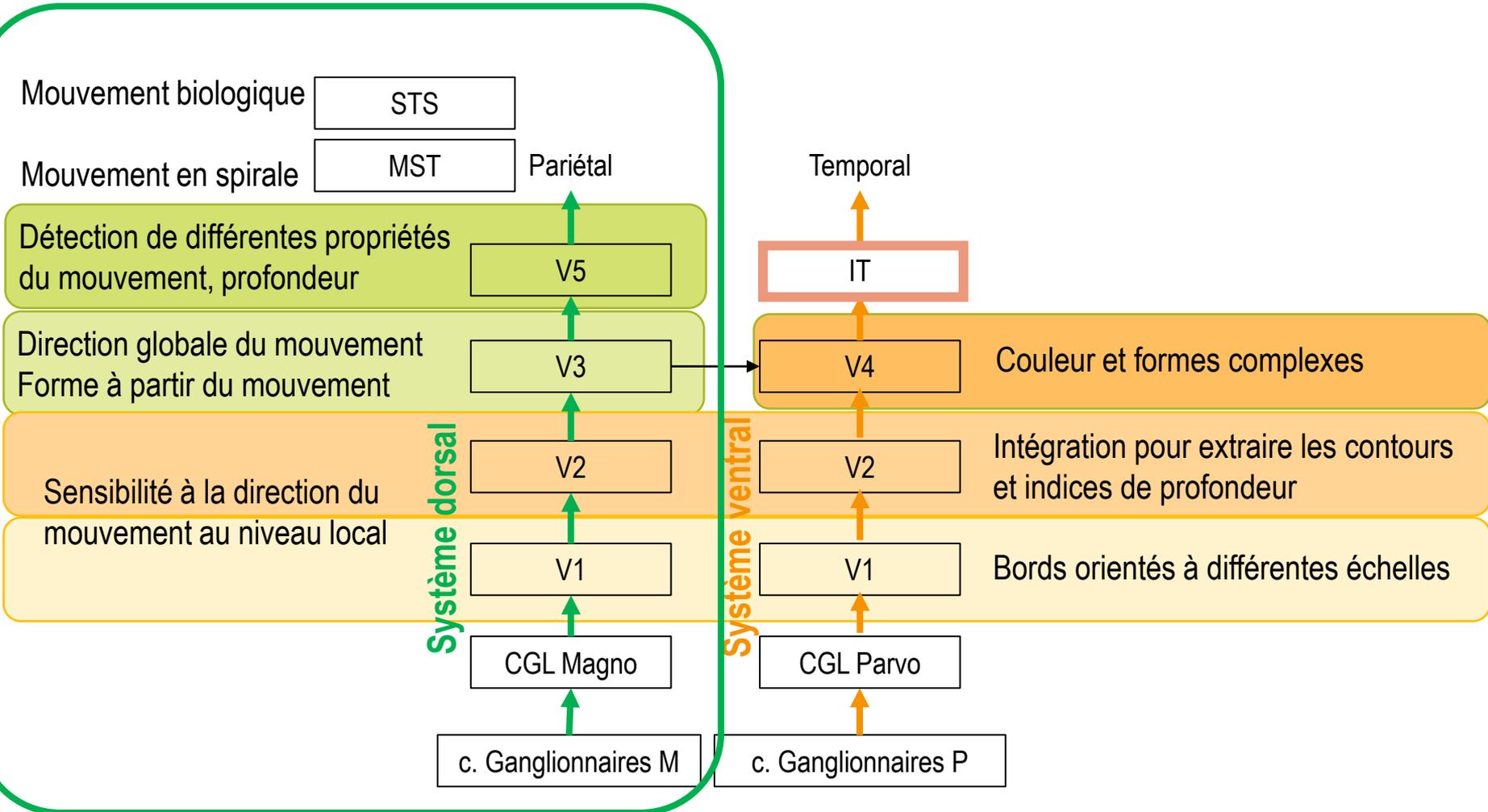
- Aire V4 contient des neurones sélectifs à la couleur
- ... mais aussi des neurones sélectifs à des formes complexes:

Exemple: étude de la réponse des cellules de V4 à des réseaux modulés de façon cartésienne (A), polaire (B) ou hyperbolique (C)

→ Réponse prédominante à des modulations polaires et hyperbolique que cartésiennes



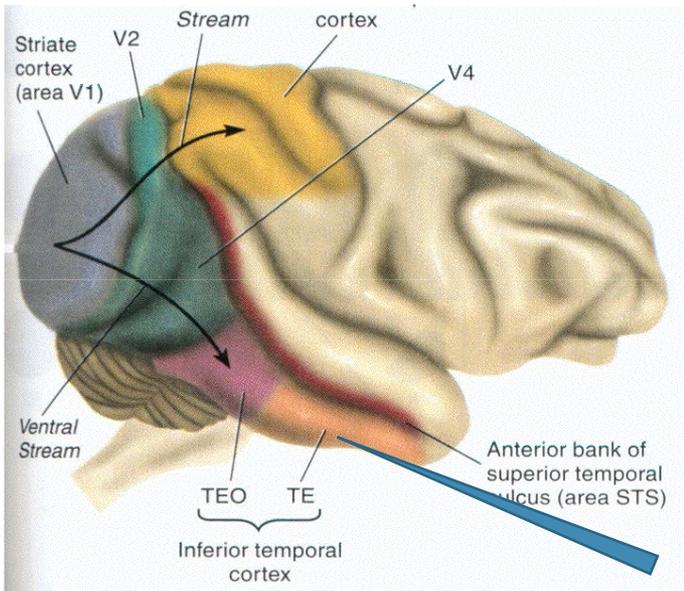
Au delà de V1: aires extra-striées



Voie du « Where » → Vision pour l'action

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

Travaux de Tanaka et al. chez le singe et le chat:



Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns

nature neuroscience • volume 4 no 8 • august 2001

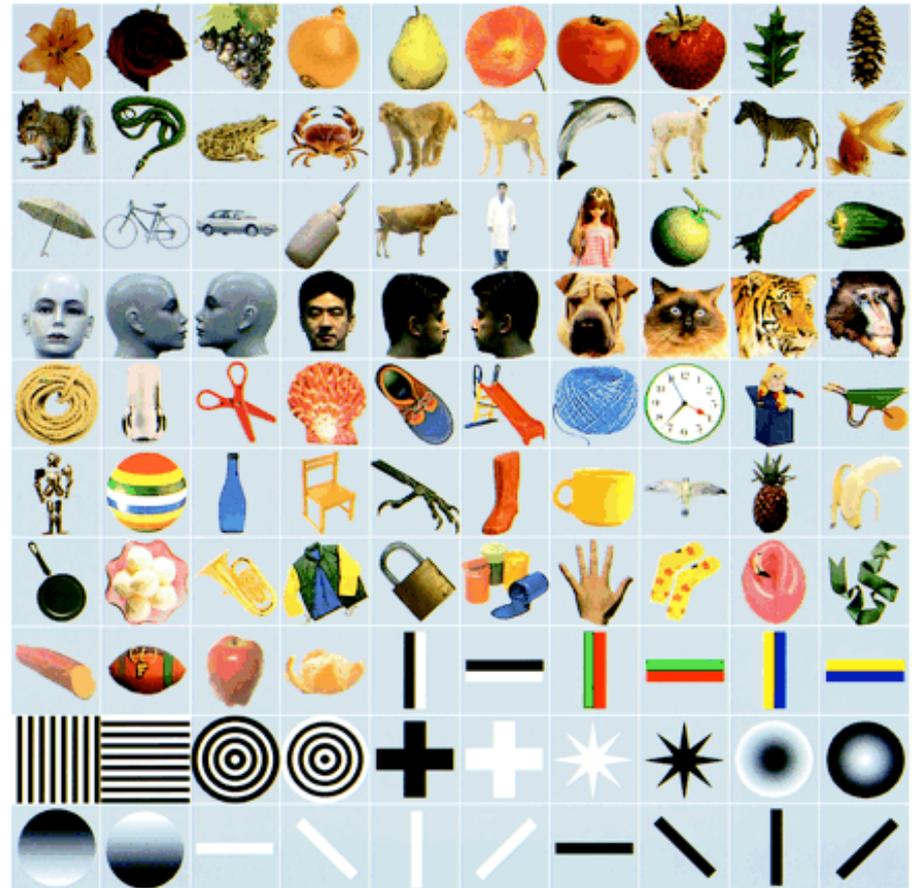
© 2001 Nature Publishing Group

Spatial Vision, Vol. 13, No. 2,3, pp. 147 – 163 (2000)
© VSP 2000.

Mechanisms of visual object recognition studied in monkeys

KEIJI TANAKA

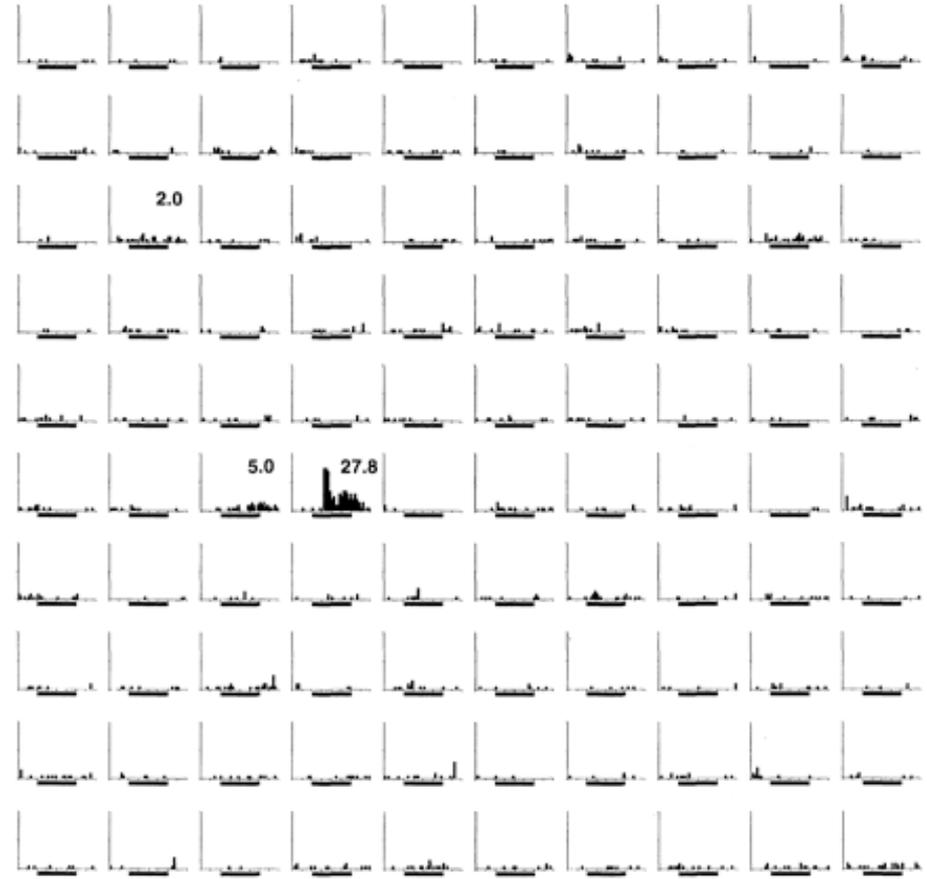
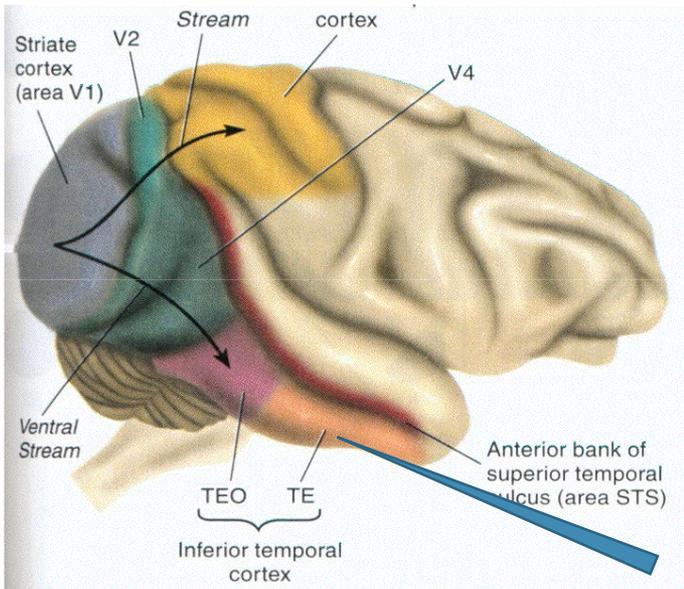
Riken Brain Science Institute, 2-1 Hirotsawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198, Japan



On présente un ensemble de stimuli et on cherche celui ou ceux qui génère l'activité maximum du neurone

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

Travaux de Tanaka et al. chez le singe et le chat:



Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns

nature neuroscience • volume 4 no 8 • august 2001

yo-yo Tanifruit!

Spatial Vision, Vol. 13, No. 2,3, pp. 147 – 163 (2000)
© VSP 2000.

Mechanisms of visual object recognition studied in monkeys

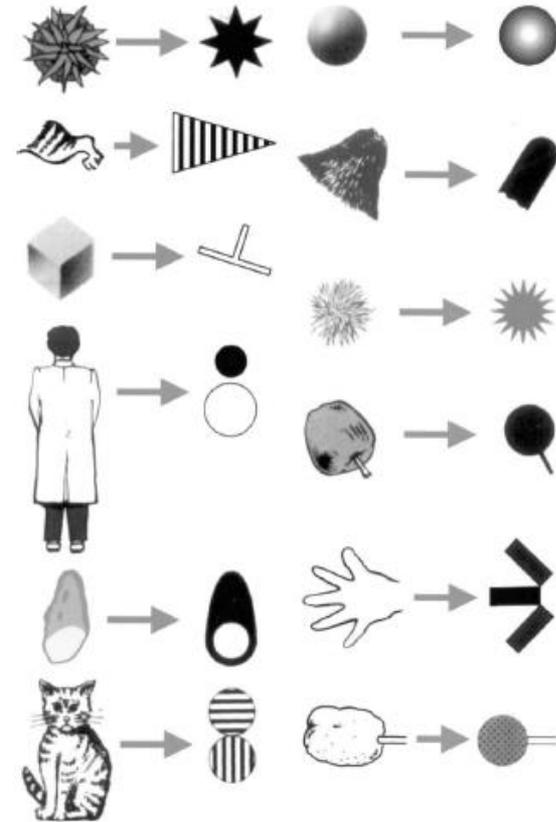
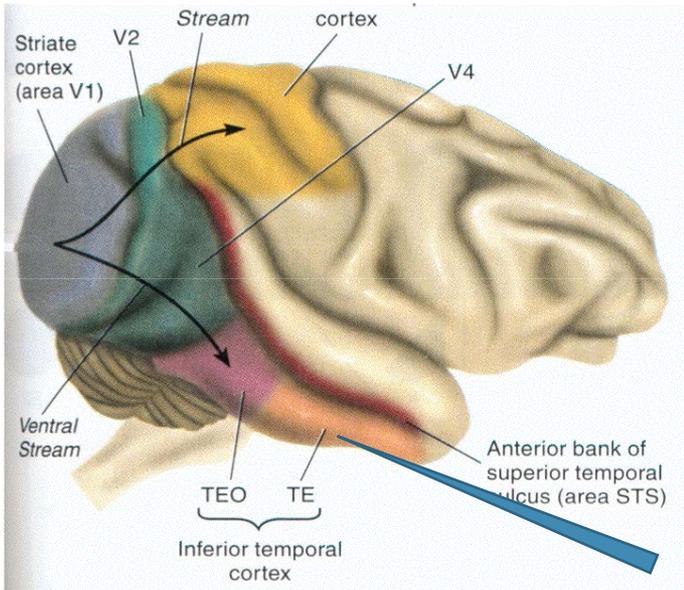
KEIJI TANAKA

Riken Brain Science Institute, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198, Japan

On présente un ensemble de stimuli et on cherche celui ou ceux qui génère l'activité maximum du neurone

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

Travaux de Tanaka et al. chez le singe et le chat:



Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns

nature neuroscience • volume 4 no 8 • august 2001

Spatial Vision, Vol. 13, No. 2,3, pp. 147 – 163 (2000)
© VSP 2000.

Mechanisms of visual object recognition studied in monkeys

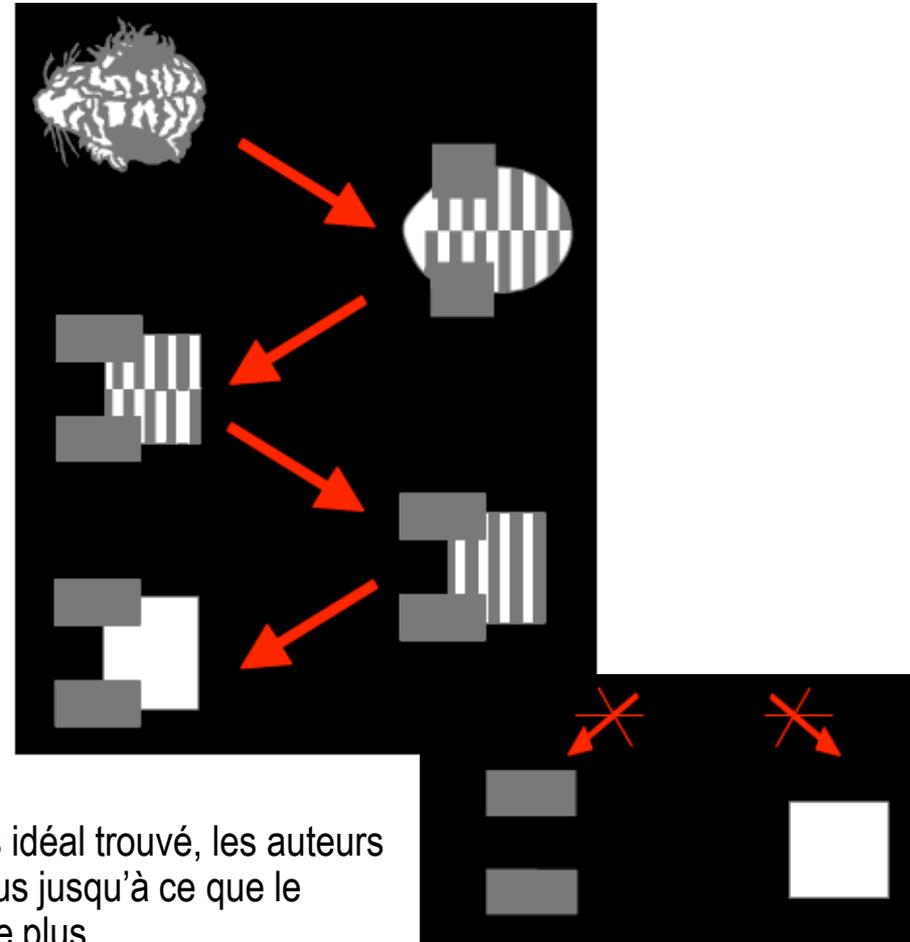
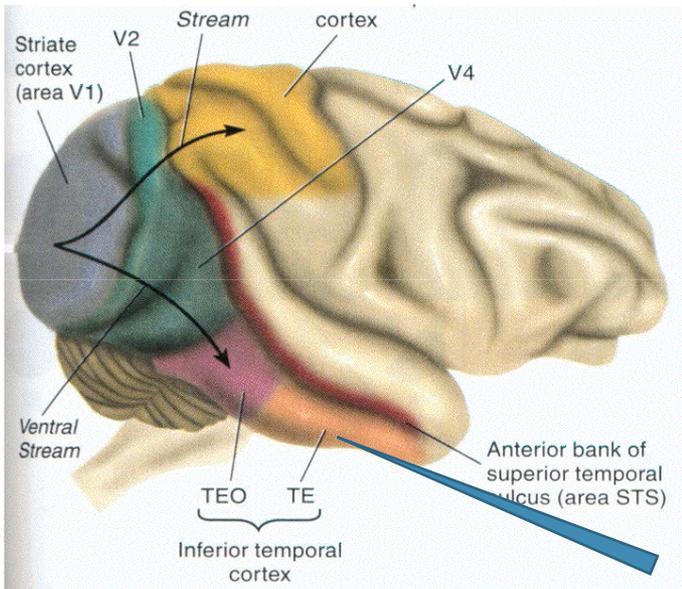
KEIJI TANAKA

Riken Brain Science Institute, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198, Japan

Réduit la complexité des stimuli pour trouver le stimulus idéal (le super stimulus)

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

Travaux de Tanaka et al. chez le singe et le chat:



Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns

nature neuroscience • volume 4 no 8 • august 2001

Spatial Vision, Vol. 13, No. 2,3, pp. 147 – 163 (2000)
© VSP 2000.

Mechanisms of visual object recognition studied in monkeys

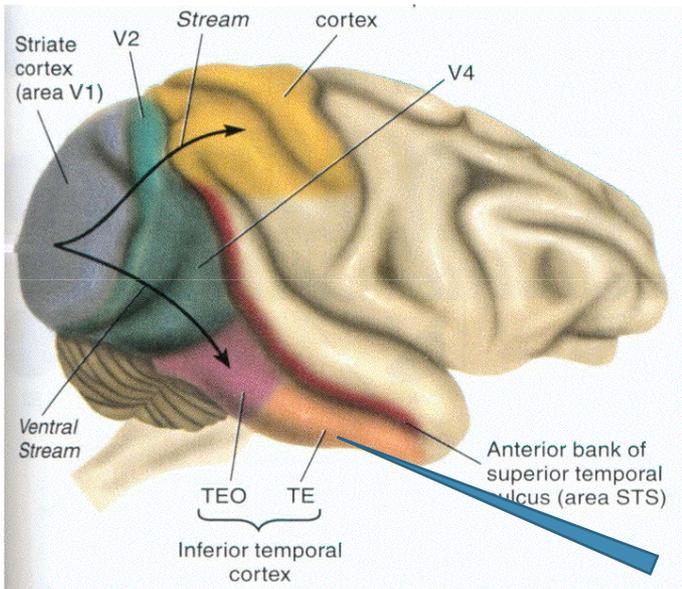
KEIJI TANAKA

Riken Brain Science Institute, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198, Japan

- Une fois le stimulus idéal trouvé, les auteurs simplifient le stimulus jusqu'à ce que le neurone ne réponde plus.
- Ainsi, il est possible de déterminer un alphabet de formes auxquelles IT est sensible.

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

Travaux de Tanaka et al. chez le singe et le chat:



→ Découvrent des neurones qui répondent maximalelement:

- à des formes relativement simples comme des “spots”, des barres, des ellipses et des carrés
→ les cellules primaires (“primary”)
- à des combinaisons, p. ex., d'une forme et d'une couleur
→ les cellules élaborées (“elaborate”).

Les cellules répondants à des objets similaires semblent regroupées en colonnes (Young, 1995).

→ **spécialisation et organisation orientée objet ou partie de l'objet**

Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns

nature neuroscience • volume 4 no 8 • august 2001

Spatial Vision, Vol. 13, No. 2,3, pp. 147 – 163 (2000)
© VSP 2000.

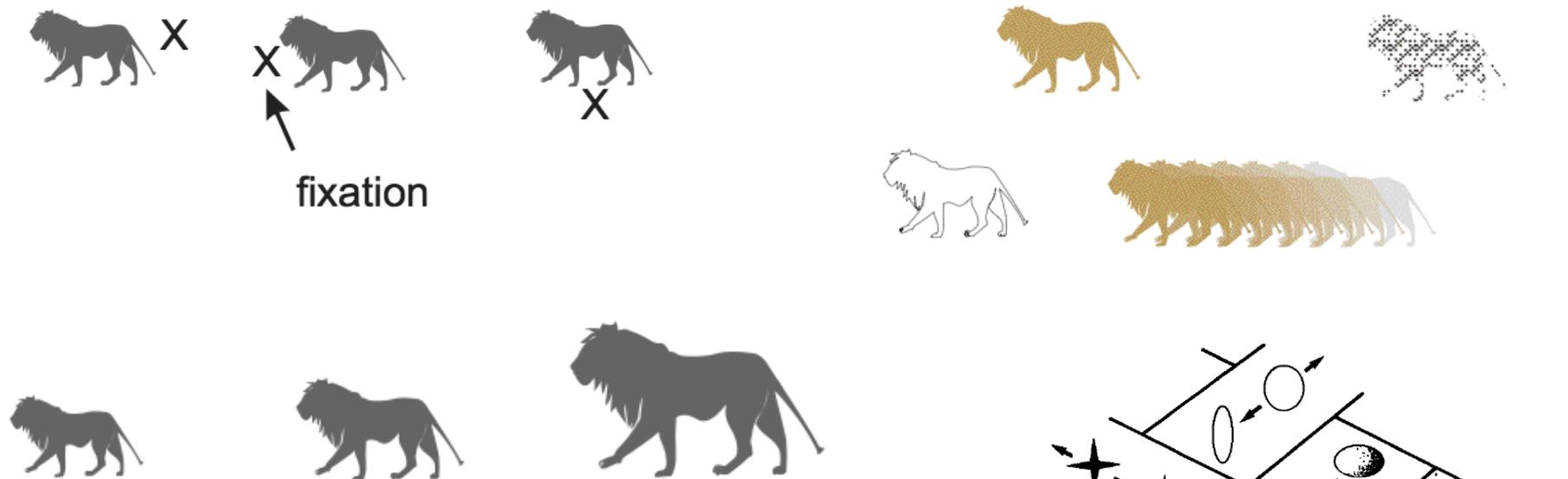
Mechanisms of visual object recognition studied in monkeys

KEIJI TANAKA

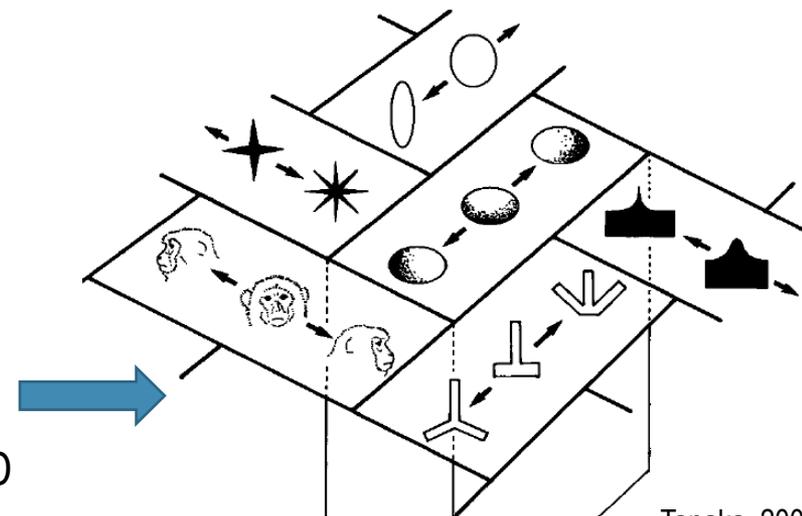
Riken Brain Science Institute, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198, Japan

Etude de la réponse des neurones de l'aire IT

- Neurones qui répondent sélectivement à certaines catégories d'objets, invariance de la réponse à la taille, la position, l'angle de vue, aux caractéristiques de surface...

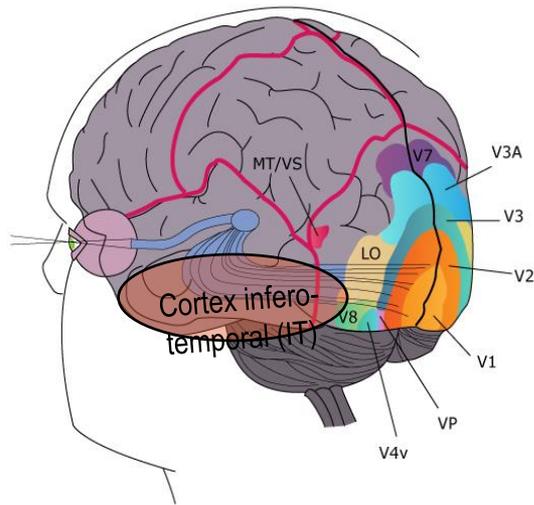


Les réponses évoquent un continuum dans la représentation de l'espace des objets. Cette organisation permet d'avoir un continuum de réponse lors de transformations type rotation, translation dans l'espace 3D des objets



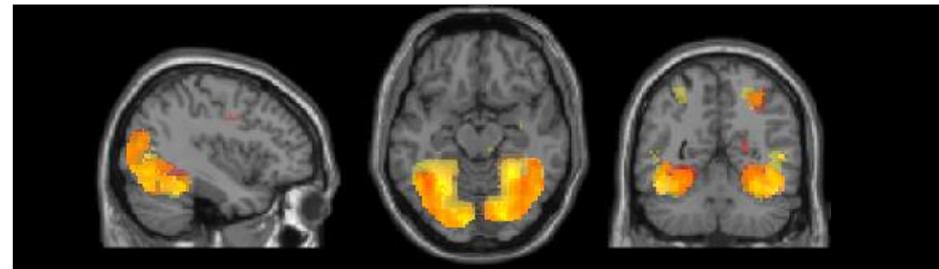
Chez l'homme?

- Travaux de Kanwisher & Epstein en IRMf (90's): Identification d'aires du cortex inférotemporal sélectives à différentes catégories de stimuli: scènes, visages, objets, animaux...



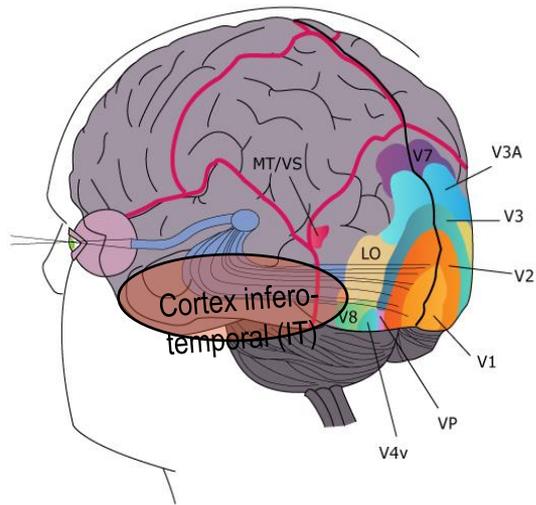
Exemple: identification des régions impliquées dans la perception de stimuli complexes en IRMf

Présentation de stimuli à catégoriser (visages, objets, scènes...) + Stimuli ne contenant pas d'information pouvant être reconnues

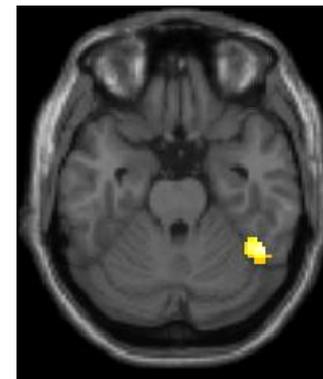


Chez l'homme?

- Travaux de Kanwisher & Epstein en IRMf (90's): Identification d'aires du cortex inférotemporal sélectives à différentes catégories de stimuli: scènes, visages, objets, animaux...



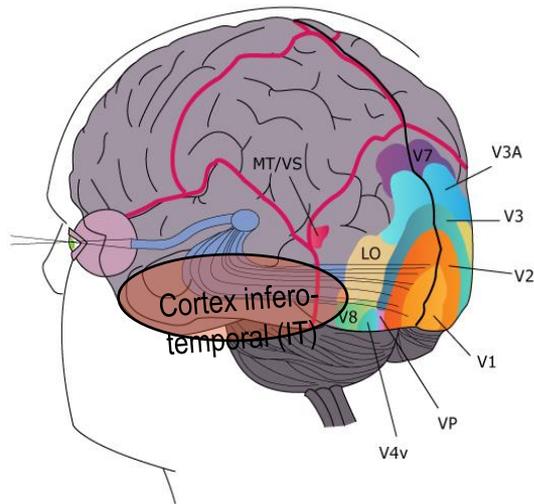
>



Fusiform face area
(FFA)

Chez l'homme?

- Travaux de Kanwisher & Epstein en IRMf (90's): Identification d'aires du cortex inférotemporal sélectives à différentes catégories de stimuli: scènes, visages, objets, animaux...



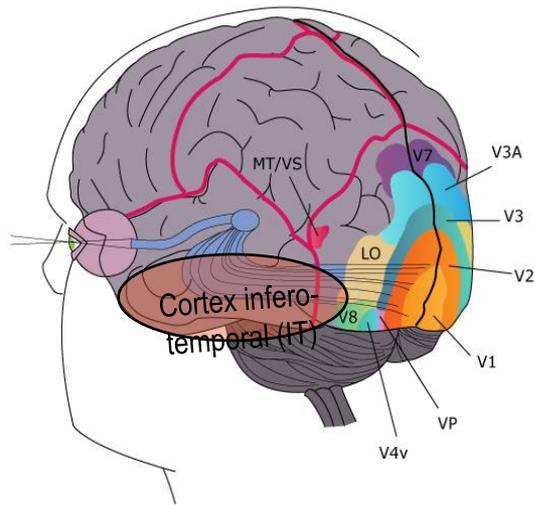
>



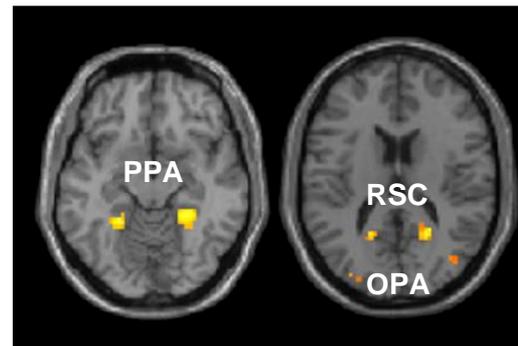
Lateral occipital
complex
(LOC)

Chez l'homme?

- Travaux de Kanwisher & Epstein en IRMf (90's): Identification d'aires du cortex inférotemporal sélectives à différentes catégories de stimuli: scènes, visages, objets, animaux...



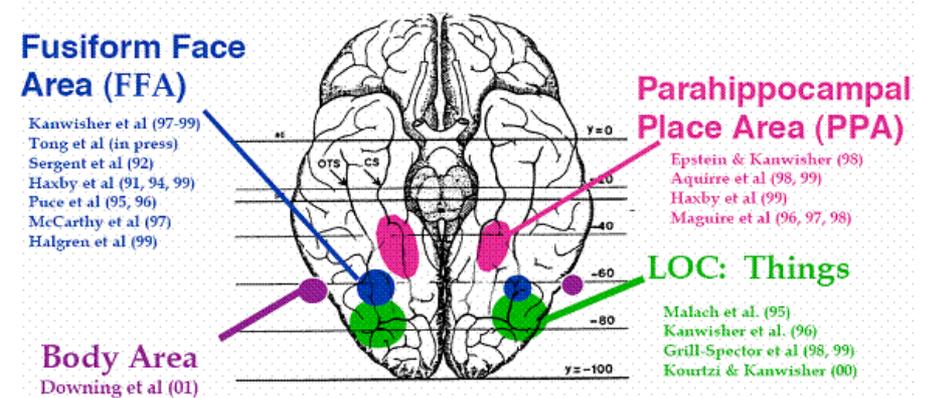
>



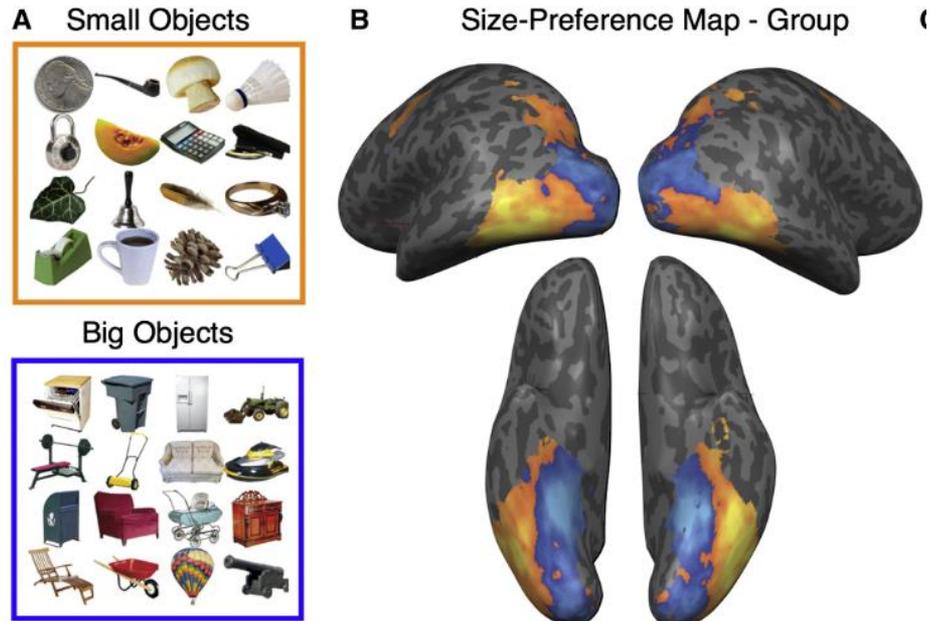
Parahippocampal place area (PPA)
Retrosplenial cortex (RSC)
Occipital place area (OPA)

Chez l'homme?

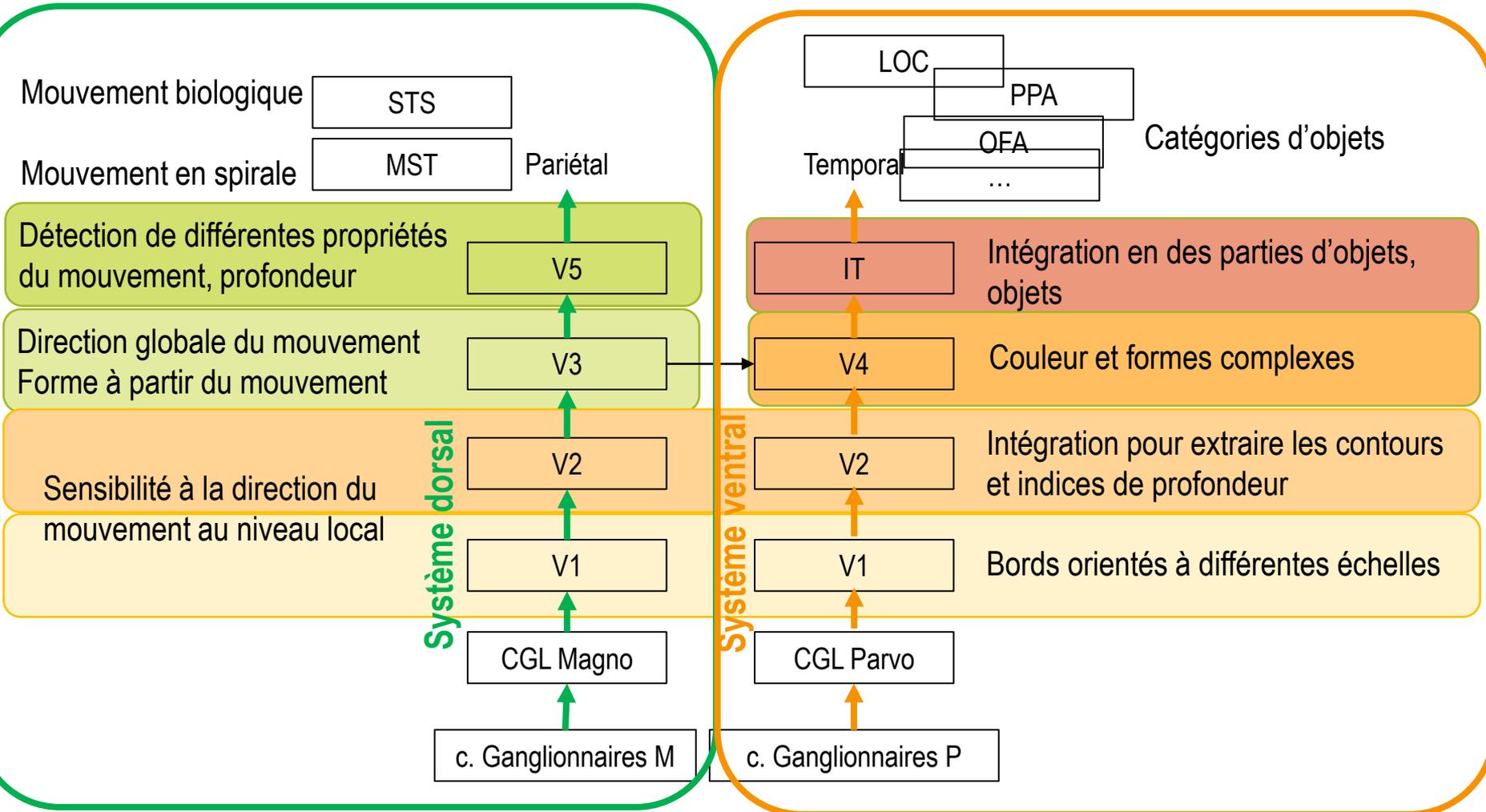
- Travaux de Kanwisher & Epstein en IRMf (90's): Identification d'aires du cortex inférotemporal sélectives à différentes catégories de stimuli: scènes, visages, objets, animaux...



- Organisation en lien avec la représentation rétinotopique, la taille des stimuli?
 - Eg les régions sélectives à des catégories des petits stimuli (eg visages, objet) sont des régions qui répondent à des stimuli de petite taille, et à des représentations plutôt centrales
 - Lien avec le niveau d'expertise pour ces différentes catégories?



Au delà de V1: aires extra-striées



Voie du « Where » → Vision pour l'action

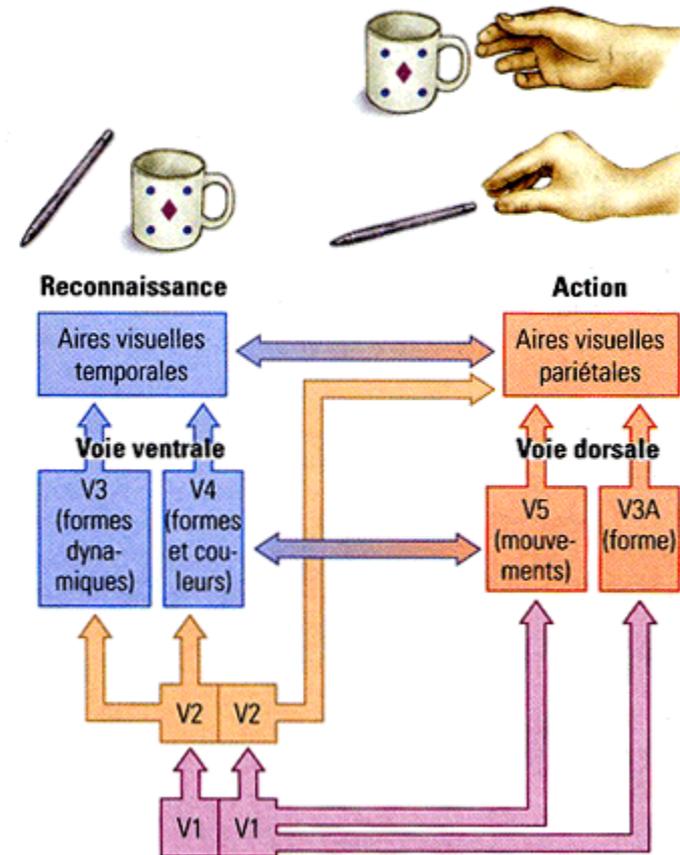
Voie du « What » → Vision pour la reconnaissance

Voies de « where » et du « what »

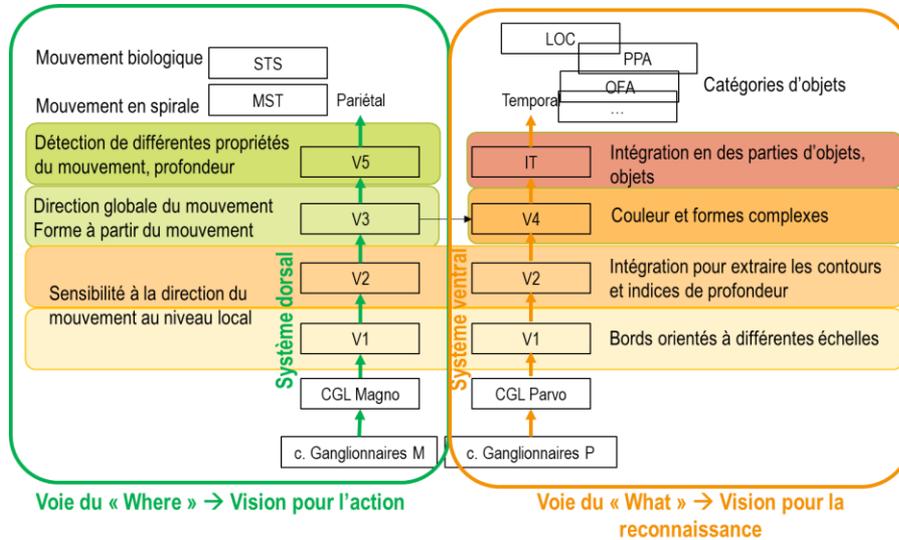
Arguments neuropsychologiques: double dissociation

Patients avec lésions de la voie ventrale:
déficits sélectifs à la reconnaissance visuelle (agnosies) sans déficit pour la perception du mouvement ou la reconnaissance d'actions

Patients avec lésions de la voie dorsale:
déficits sélectifs à la perception du mouvement, de l'espace ou la reconnaissance d'actions (akinétopsie, négligence spatiale...) sans déficit pour la reconnaissance visuelle



Organisation hiérarchique et modulaire du cortex visuel?

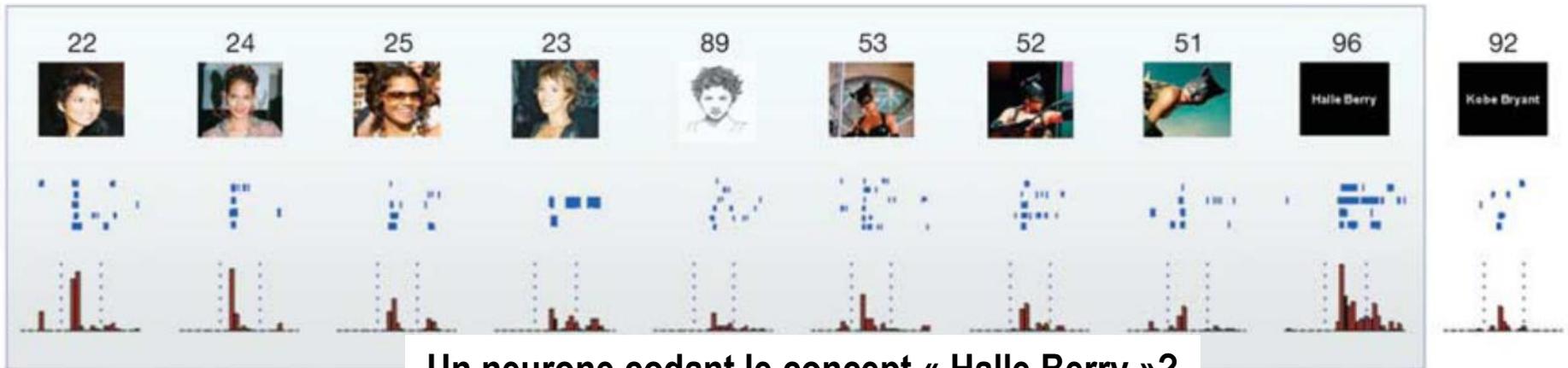


- La réponse des différentes aires le long des voies dorsales et ventrale suggère une organisation hiérarchique où chaque aire intègre une information de plus en plus complexe et devient de plus en plus sélective à des propriétés spécifiques et abstraites des stimuli visuels
- Jusqu'où peut-on aller en suivant ce principe?

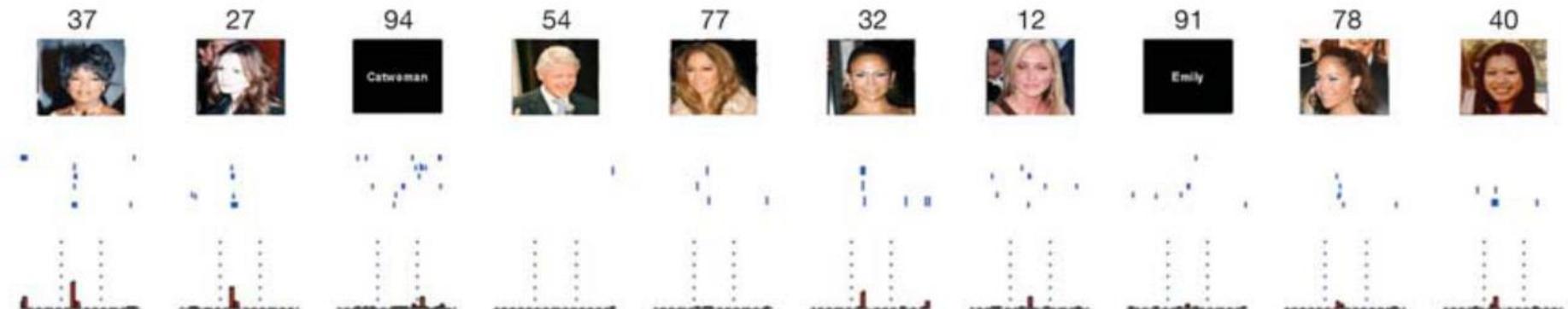
Localisation du champ récepteur dans le système visuel	Stimulus optimal
Cellule ganglionnaire à centre-ON	 Spot entouré d'un anneau sombre
Cellule simple de V1	 Barreau de lumière
Cortex visuel inférotemporal	 Visage
?	 Grand-mère

Le neurone « Halle Berry »

- 8 patients épileptiques chez qui on a implanté des électrodes pour localiser les foyers épileptogènes: lobe temporal
- Présentation d'images (scènes, objets, visages...) pour localiser les populations de neurones qui répondent sélectivement à certains types de stimuli puis présentation de ces stimuli selon plusieurs versions



Un neurone codant le concept « Halle Berry »?



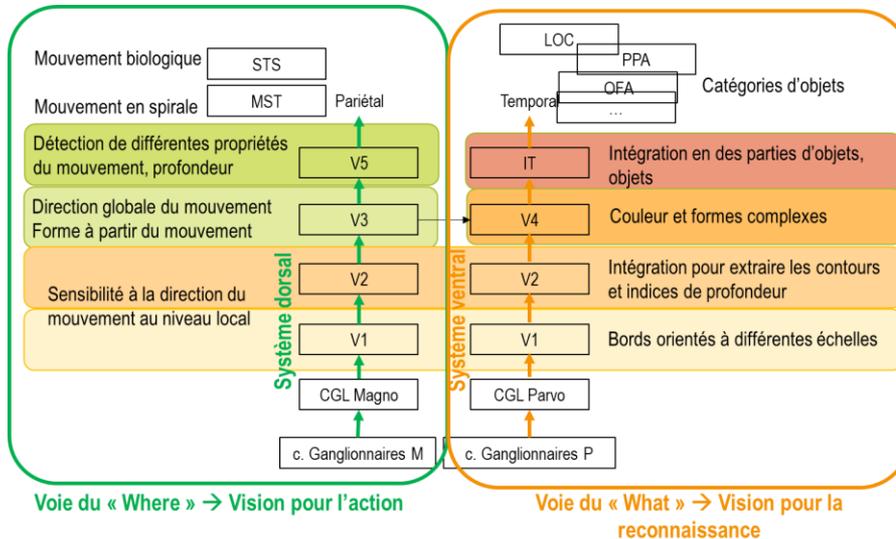
Le neurone « Halle Berry »

- Un neurone pour coder chaque concept de façon invariante? Peu probable pour plusieurs raisons...
 - S'il existe un neurone "Halle Berry" et sachant qu'on estime le nombre neurone chez l'humain à ~86 millions, quelle est la probabilité de tomber dessus?
 - Si par malheur ce neurone dysfonctionne?
 - En réalité, il faudrait qu'il y ait ~2 millions de neurones qui codent un même concepts pour avoir une chance de les trouver
 - Degré d'invariance de la réponse du neurone? On ne peut pas s'assurer que le neurone n'aurait pas répondu à d'autres stimuli étant donné le nombre limité de stimuli testés

Hypothèse de "sparse-coding": représentation d'un concept par l'activation conjointe d'un ensemble de neurones relativement petit.

- Avantage: réduit les couts de traitements

Organisation hiérarchique et modulaire du cortex visuel?



- Limite:
 - Au moins autant de connexions feedbacks que de connexions ascendantes + connexions horizontales
 - Nombreuses connexions qui « sautent » des niveaux

➔ **La vision est un processus proactif!**

La vision est un processus proactif



La vision est un processus proactif



**Les connaissances et les attentes sur
l'environnement modifient la perception visuelle**

« Perception as inference »

La perception d'un stimulus visuel dépend moins du traitement de ses caractéristiques physiques *per se* que du fait qu'il corresponde plus ou moins à des attentes ou prédictions

Perception as Inference: The Brain and Computation | Theory Shorts

À regarder ... Partager

$$P(H|D) = P(D|H)$$

PLUS DE VIDÉO

YouTube

MERCI POUR VOTRE ATTENTION!