

D/ DE L'INTERGRATION... ... A LA PERCEPTION

Vers la perception...

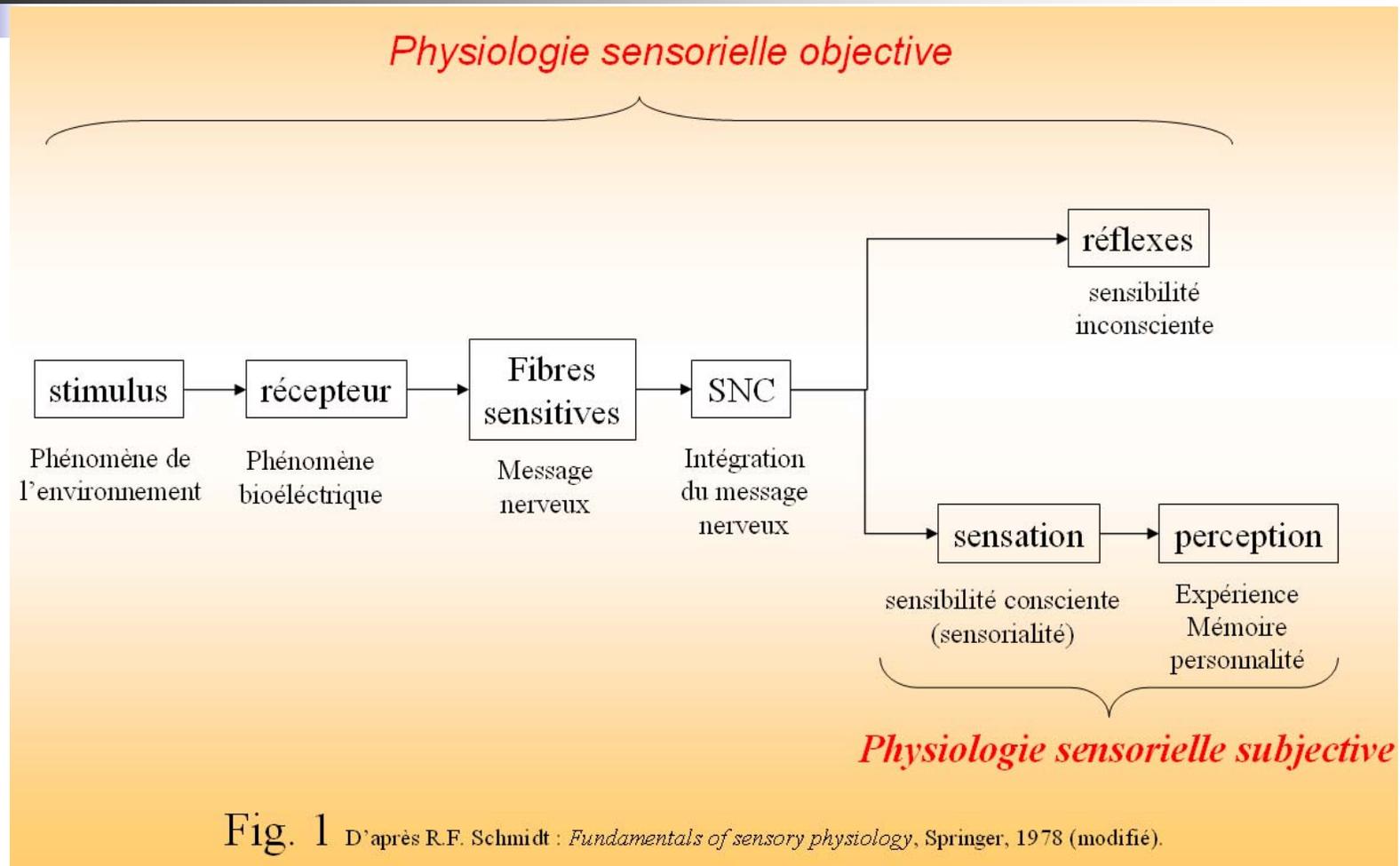
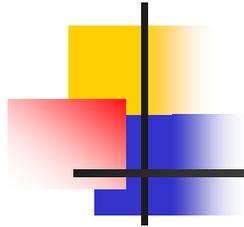


Fig. 1 D'après R.F. Schmidt : *Fundamentals of sensory physiology*, Springer, 1978 (modifié).



1. Redondance et spécificité sensorielle
2. Les sens s'associent pour construire la perception
3. Les sens vérifient des hypothèses faites par le cerveau

Le concept de vicariance

- Chaque individu possède **plusieurs processus** lui permettant de fournir une réponse adaptée à un problème donné (Reuchlin, 1978, 1990; Ohlmann, 1990)



- Cette théorie suppose l'existence d'une certaine redondance sensorielle

Le concept de vicariance



- Par exemple, un feu peut être apprécié par :
 - La **vision** qui informe sur la couleur des flammes et la clarté
 - L'**audition** qui informe sur le craquement des branches qui brûlent
 - La sensibilité **thermique**
...

Le concept de vicariance

- Toutefois, certains processus sont plus facilement **évocables** que d'autres
- Cette hiérarchie d'évocation **varierait selon les individus et selon les situations**, créant ainsi les conditions d'une différenciation interindividuelle...



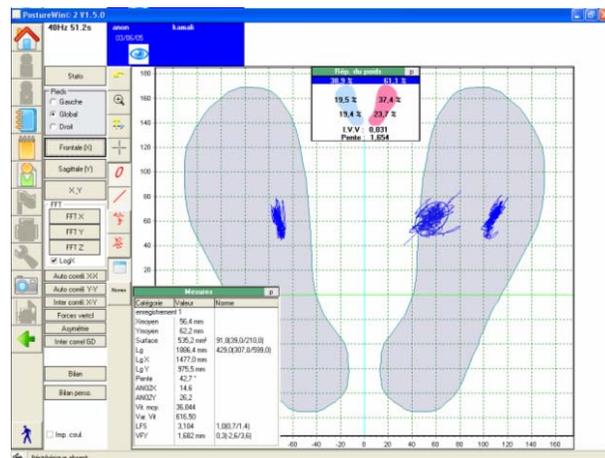
Complémentarité sensorielle

- Pour autant, plusieurs observations montrent que les sens ne sont pas entièrement redondants, mais plutôt complémentaires
- *Si le toucher apprend aux autres sens à juger des choses extérieures, ceux-ci apprennent au toucher d'autres qualités que celles fournies par le tact.* (Condillac – traité des sensations, 1754)



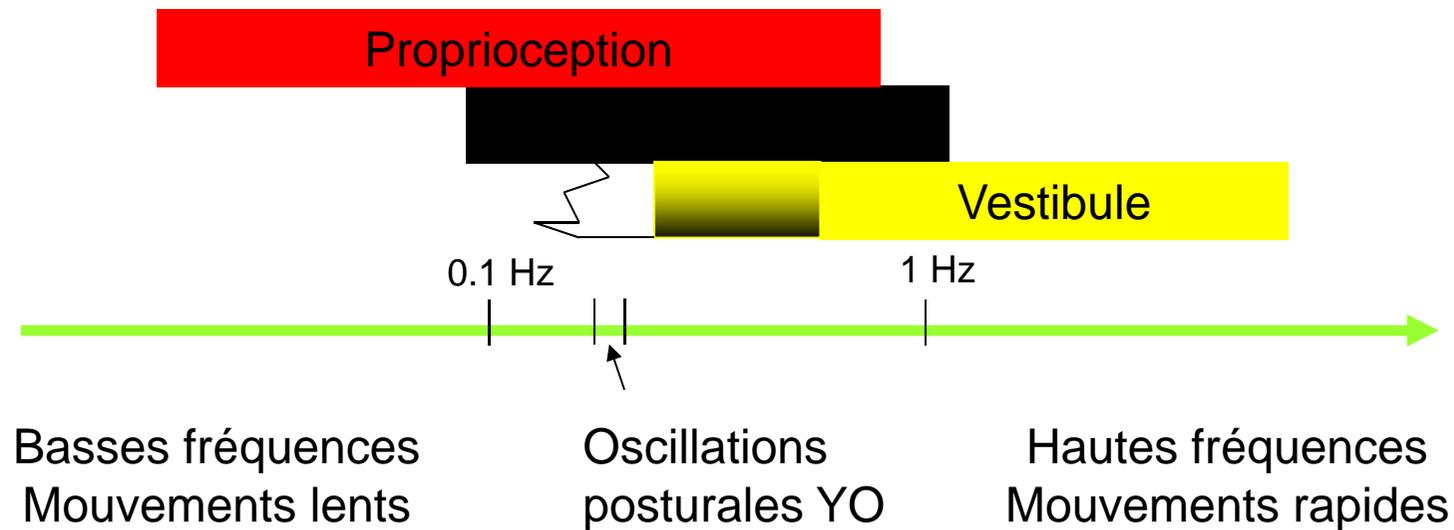
Complémentarité sensorielle

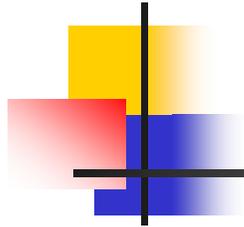
- Complémentarité des informations visuelles, vestibulaires et somesthésiques pour la régulation posturale



Complémentarité sensorielle

- Chaque modalité sensorielle est spécialisée dans une gamme de fréquence bien distincte.

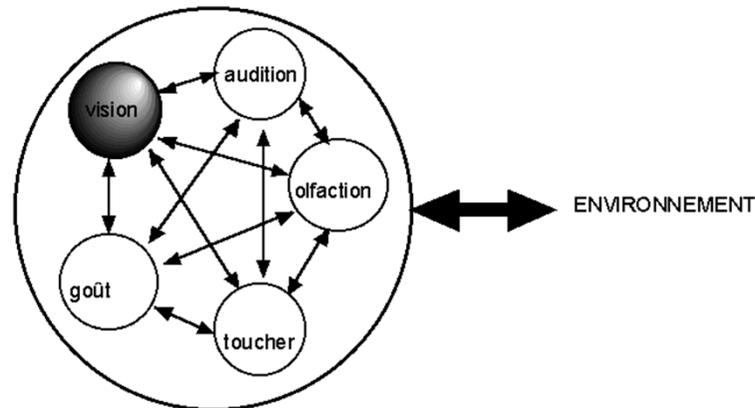




1. Redondance et spécificité sensorielle
2. Les sens s'associent pour construire la perception
3. Les sens vérifient des hypothèses faites par le cerveau

Interactions multimodales

- Les informations sensorielles ne doivent pas être pour autant considérées comme indépendantes les unes des autres
- Elles peuvent en effet mutuellement s'influencer et modifier le percept issu de ces interactions multimodales



Interactions multimodales

- Un exemple frappant: la synesthésie
 - Association intermodale involontaire : la stimulation d'un sens est perçue simultanément par un autre sens, sans que celui-ci ait été stimulé spécifiquement

Par exemple, un synesthète peut non seulement voir la couleur rouge mais "l'entendre" aussi

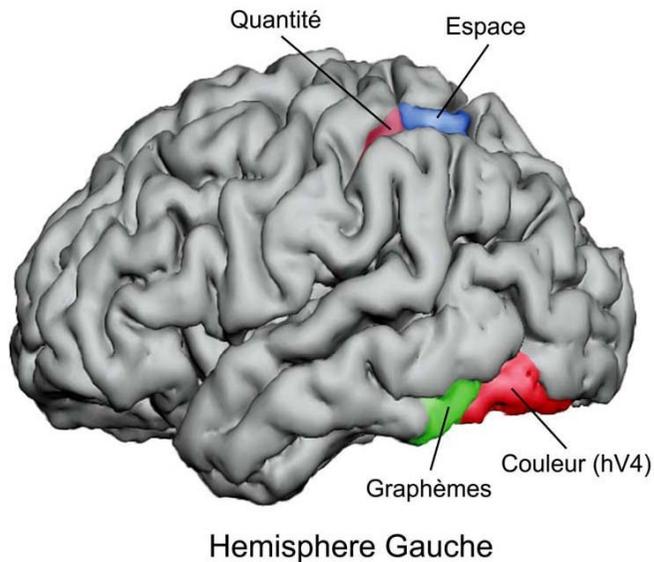
- Concernerait 1‰ à 4% de la population
- Cause : hypothèse "néonatale" vs génétique



Interactions multimodales

- Les types de synesthésies
- Synesthésies catégorielles

ex : graphème → couleur



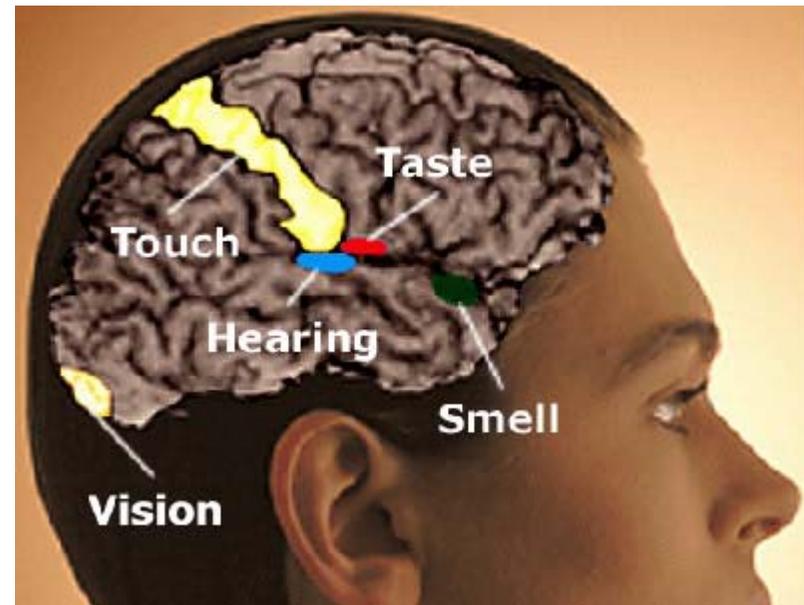
Interactions multimodales

- Les types de synesthésies
- Synesthésies bimodales

Généralement unidirectionnelles

ex : stimulation visuelle → son

ex : stimulation sonore → gout



Interactions multimodales

- Les types de synesthésies
- Synesthésies multimodales

Plus rares, mais souvent bidirectionnelles

ex : musique → couleur + gout
couleur → son



Interactions multimodales

- Interactions audition-vision
- Un exemple frappant : le ventriloquisme

→ absence de mvt des lèvres du ventriloque + mvt des lèvres de la marionnette

→ influence visuelle sur la localisation de la source sonore

"La perception de la parole est audio-visuelle"



Interactions multimodales

- Interactions audition-vision
- L'effet McGurk



Interactions multimodales

■ Interactions audition-vision

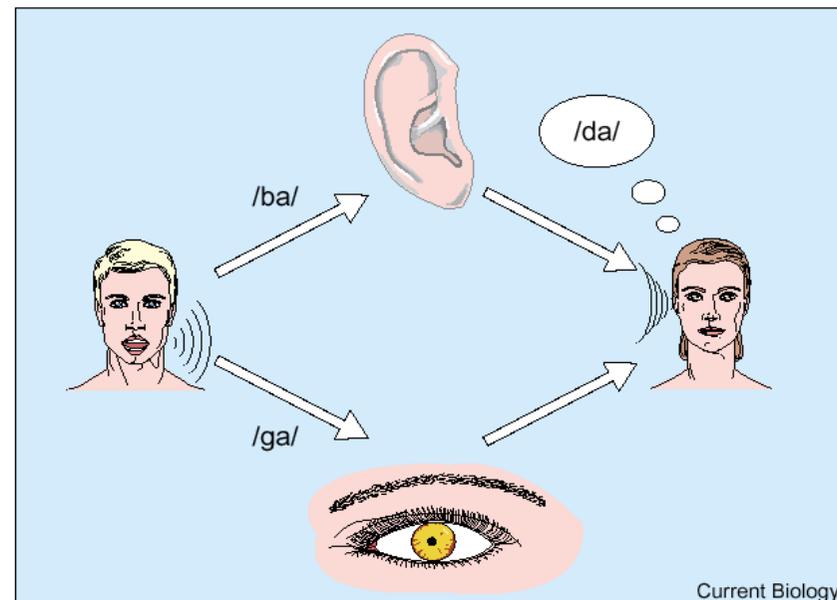
● L'effet McGurk

Phonème sonore (p.ex. /ba/)

Phonème visuel (p.ex. /ga/)



Phonème intermédiaire (p.ex. /da/)

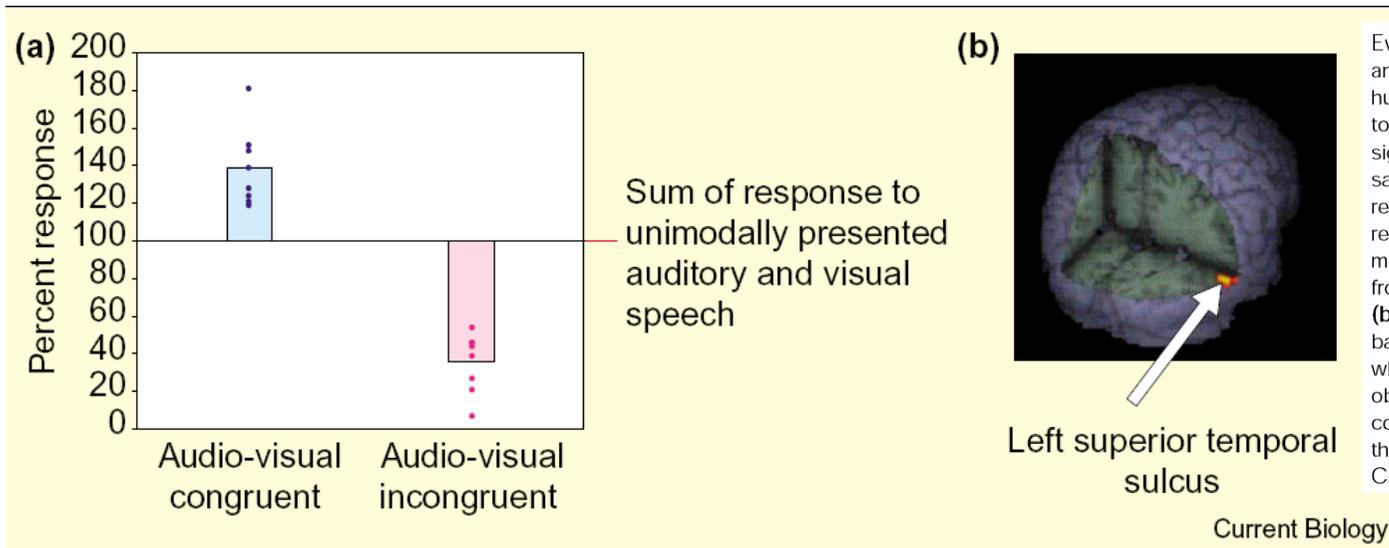


Interactions multimodales

■ Interactions audition-vision

● L'effet McGurk

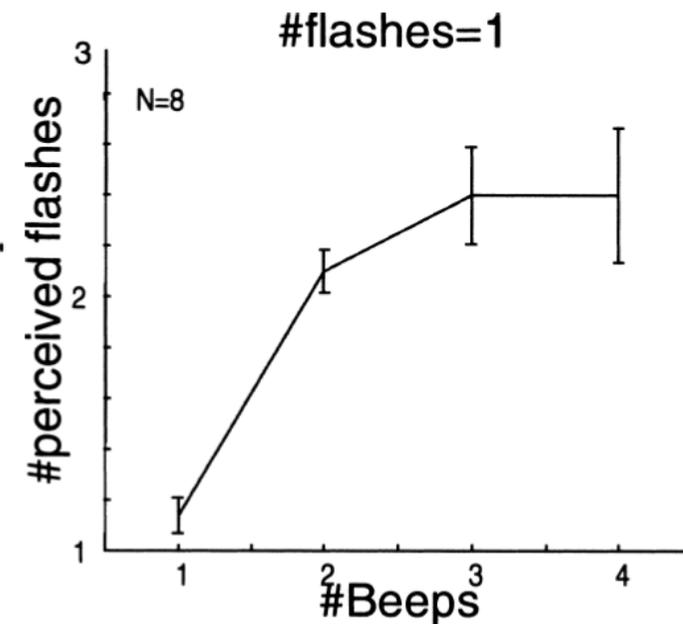
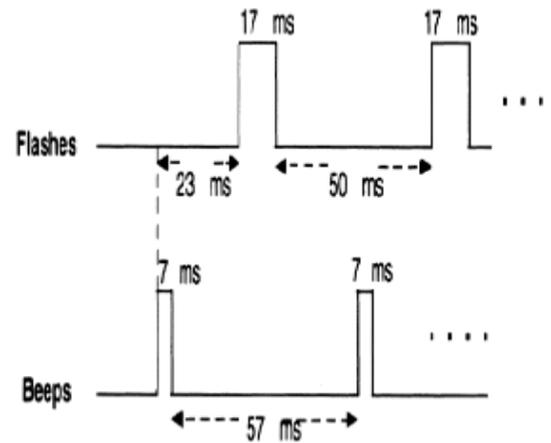
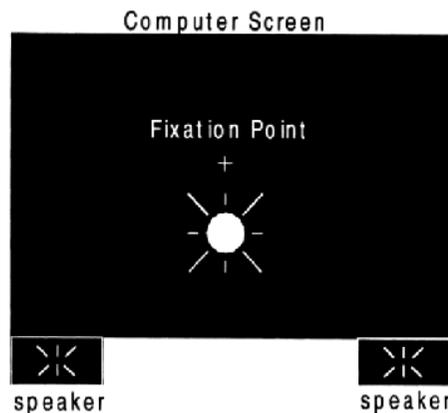
Corrélat neurophysiologiques



Evidence from fMRI for binding of the visual and auditory components of speech in the human superior temporal sulcus. **(a)** Listening to congruent auditory and visual speech signals – lip movements synchronized to the same heard words – produces larger responses than the sum of the unimodal responses, whereas incongruent stimuli – lip movements corresponding to different words from those heard – evoke smaller responses. **(b)** Location of the region in the posterior bank of the left superior temporal sulcus where these response interactions are observed. This follows the usual radiological convention of showing the left hemisphere on the right side of the image. (Modified from Calvert *et al.* [16].)

Interactions multimodales

- Interactions audition-vision
- Stimulations synchrones vs asynchrones



Les observateurs rapportent avoir vu 2 flashes ou plus, quand l'unique véritable flash est accompagné de deux bips ou plus

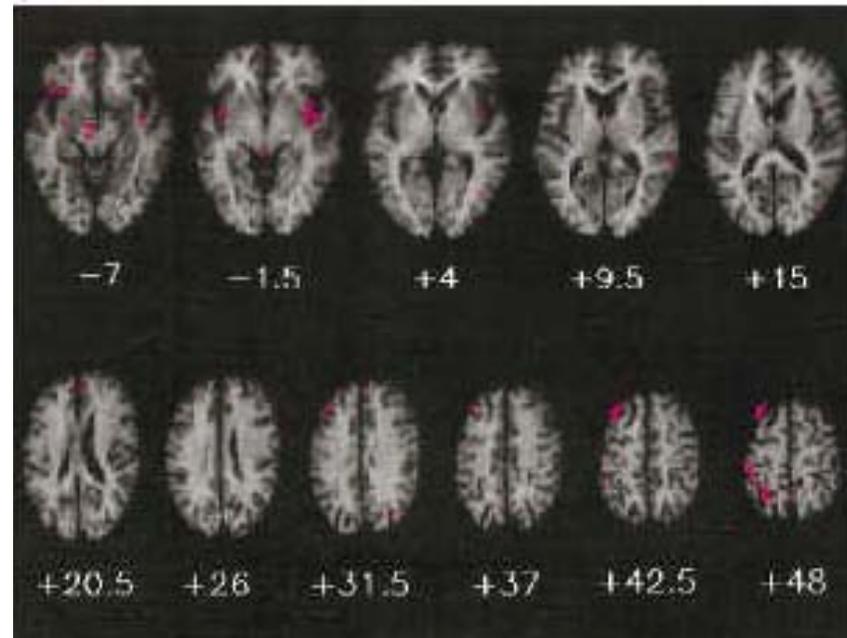
Shams, Kamitani & Shimojo, 2002

Interactions multimodales

- Interactions audition-vision
- Stimulations synchrones vs asynchrones

Corrélat neurophysiologiques

Réseau d'aires cérébrales répondant aux critères d'intégration (augmentation et dépression de la réponse pour les stimuli respectivement synchrones et asynchrones). Ce réseau inclut le CS, l'insula, sillons temporaux sup et inf et des régions frontales. (D'après Calvert *et al.*, 2001).



Interactions multimodales

■ Interactions vision-toucher

- La discrimination tactile est altérée par la présence de stimulations visuelles spatialement non congruentes

Target-distractor congruence (upper vs. lower position)	Position of distractor	Reaction time (ms) ^a	Error (%)
Rubber hands absent			
Congruent	Same side	462 (16)	1.6
	Opposite side	477 (19)	2.5
Incongruent	Same side	552 (25)	12.2
	Opposite side	536 (24)	7.3
Rubber hands present (aligned)			
Congruent	Same side	488 (20)	1.2
	Opposite side	503 (26)	1.8
Incongruent	Same side	633 (47)	17.9
	Opposite side	574 (35)	7.8

a

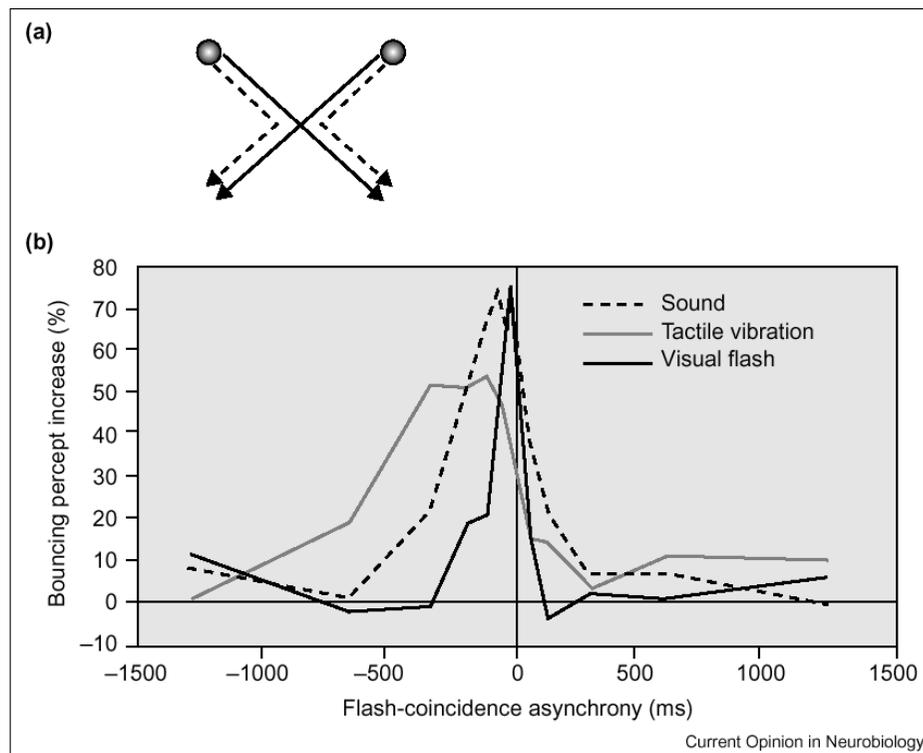


b



Interactions multimodales

■ Interactions son-vision-toucher



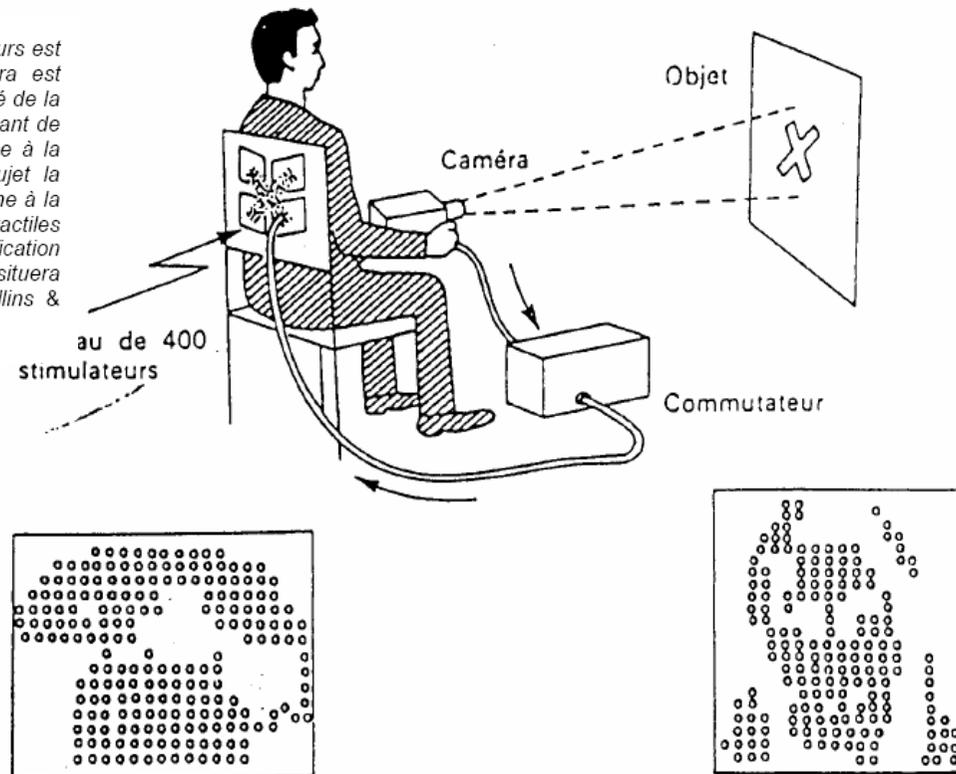
- La synchronie des stimuli sonores, tactiles et visuels avec l'entrée en coïncidence des 2 objets visuels augmente l'impression de rebond

Shimojo and Shams 2001

Substitution sensorielle

■ Le cas des aveugles

Figure 3. Dispositif de prothèse vibro-tactile pour aveugle. Une matrice de 400 tacleurs est appliquée sur la peau du sujet aveugle. L'image recueillie par la vidéo-caméra est transformée en une image « pointilliste » au niveau de la peau en modulant l'intensité de la vibration de chacun des vibreurs en fonction de la luminosité des points correspondant de l'image visuelle. Les deux figures du bas illustrent le type d'image tactile appliquée à la peau (téléphone à gauche et visage humain à droite). Lorsqu'on donne au sujet la possibilité de palper l'image grâce au mouvement d'exploration qu'il imprime lui-même à la caméra, il acquiert progressivement la capacité à extraire de ses stimulations tactiles certaines caractéristiques invariantes de la forme de l'objet en permettant l'identification correcte. Si le sujet peut en outre manipuler le zoom de la vidéo-caméra, il situera également cet objet identifié à une certaine distance de son corps (d'après Collins & Saunders, 1970).



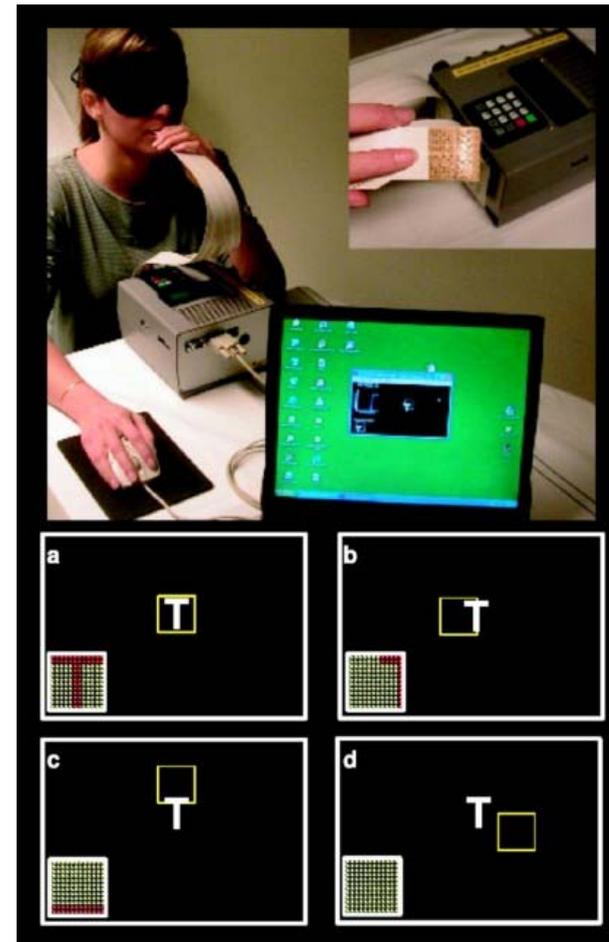
Bach-y-Rita

Substitution sensorielle

■ Le cas des aveugles

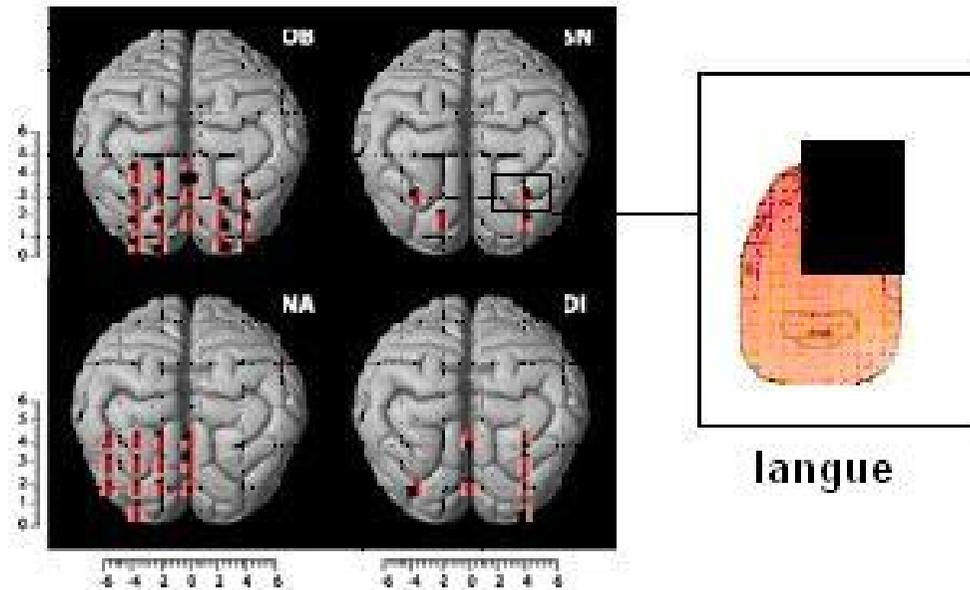


- Après apprentissage, les aveugles-nés présentent **une activation occipitale**



Substitution sensorielle

■ Le cas des aveugles



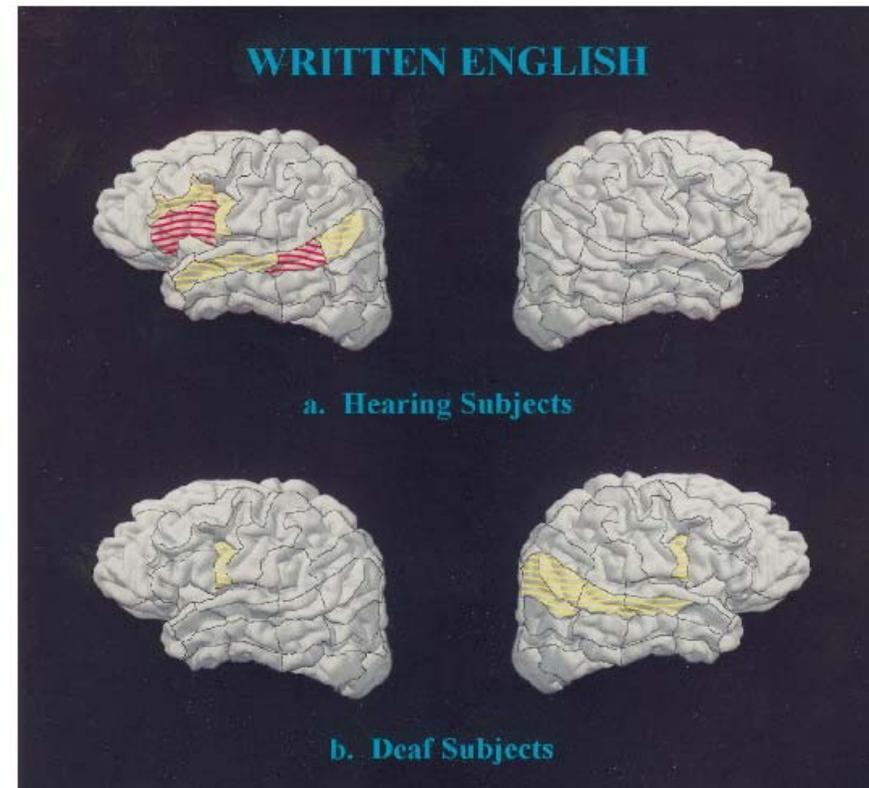
- Les résultats montrent, chez quatre sujets aveugles entraînés, une représentation somatotopique de la langue dans le cortex visuel.

- La partie noire correspond à la partie qui a été stimulée sur le cortex visuel et sur laquelle le sujet ressent des "picotements" de la langue.

Substitution sensorielle

■ Plasticité corticale

- La surdité entraîne une réorganisation corticale: les aires consacrées généralement à l'audition sont recrutées, chez le sourd profond pour le traitement des données visuelles (Neville et al., 1998)



Substitution sensorielle

- Plasticité corticale



- Réorganisation corticale dans le cortex moteur d'un patient avant *et après* transplantation des deux mains

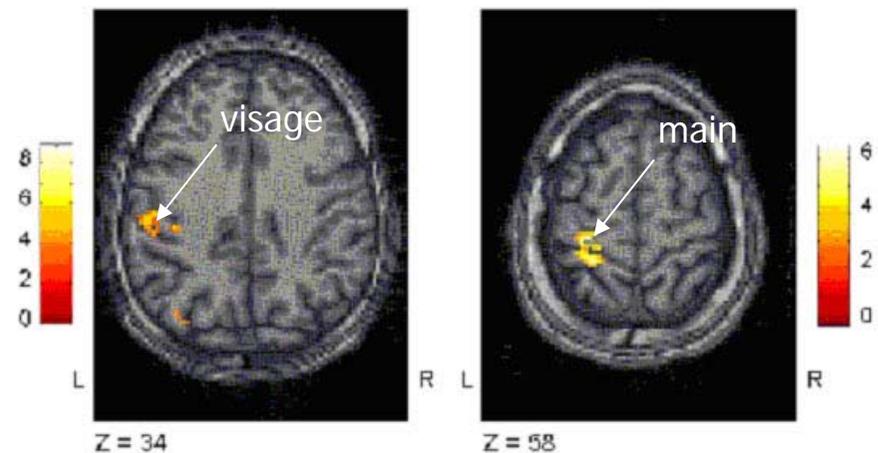
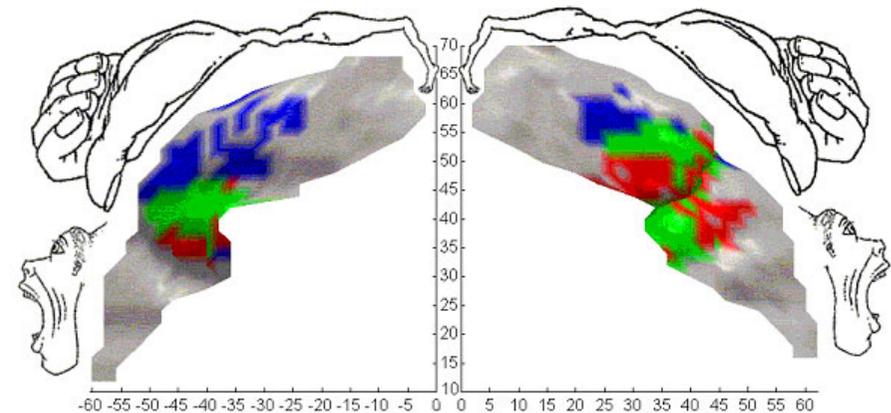
Première transplantation bilatérale de mains
Lyon - Janvier 2000.

Substitution sensorielle

■ Plasticité corticale

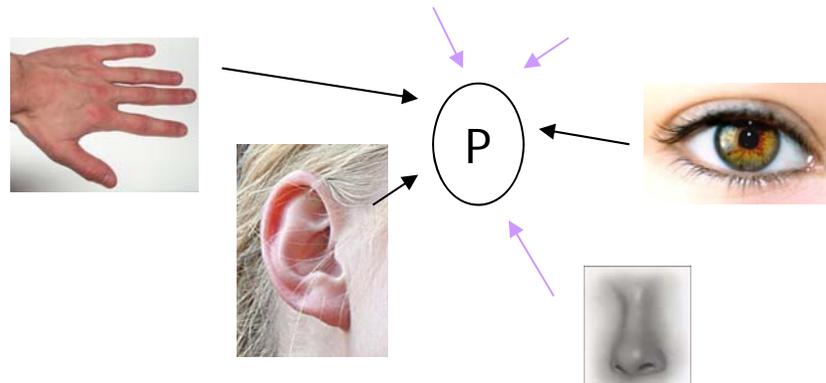
- Cartes d'activations obtenues dans le cortex moteur lorsque le patient greffé exécute des mouvements manuels

Avant transplantation ;
Après transplantation (+6mois)
Zone de recouvrement



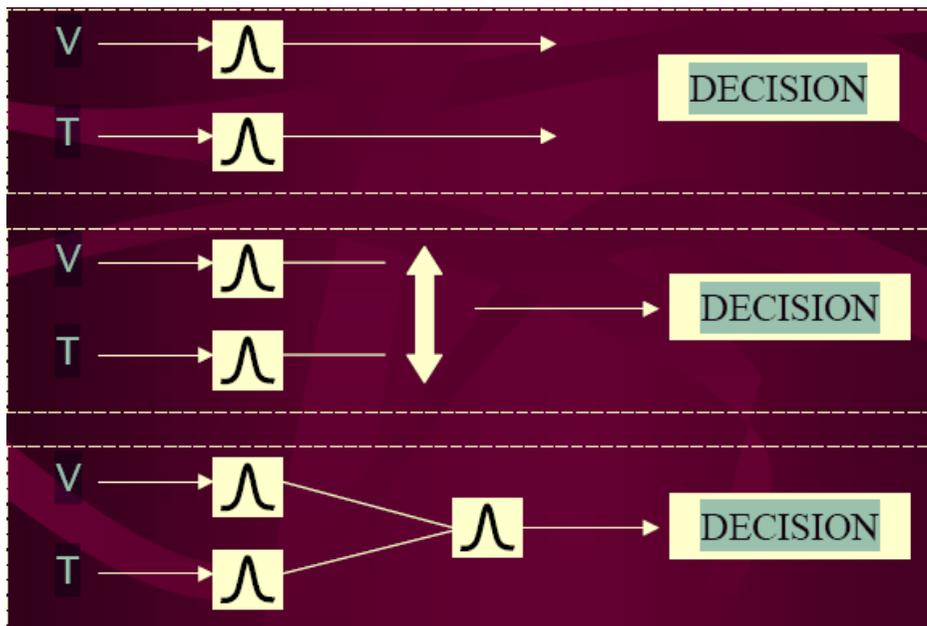
Intégration multisensorielle

- On vient de voir que les différents sens peuvent véhiculer des informations redondantes ou complémentaires et peuvent mutuellement s'influencer, ou se substituer
- Quelles peuvent-êtrè dès lors les règles d'intégration d'informations multisensorielles convergentes ?



Intégration multisensorielle

- Différentes conceptions périphéralistes



- Chaque modalité contribue (intermodalité)
- Une seule modalité contribue (switch unimodal)
- Les deux modalités sont combinées (1er ordre) pour former une seule variable décisionnelle

D'après [Shaw, 1982], [Guest et Spence,2003]

La notion de pondération



- Chaque modalité sensorielle se verrait attribuer un "poids" spécifique lors du processus d'intégration
- Quels sont les déterminants d'attribution de ces poids ?

La notion de pondération

Modèle de [Ernst et Banks, 2002] Ex: Intégration bimodale

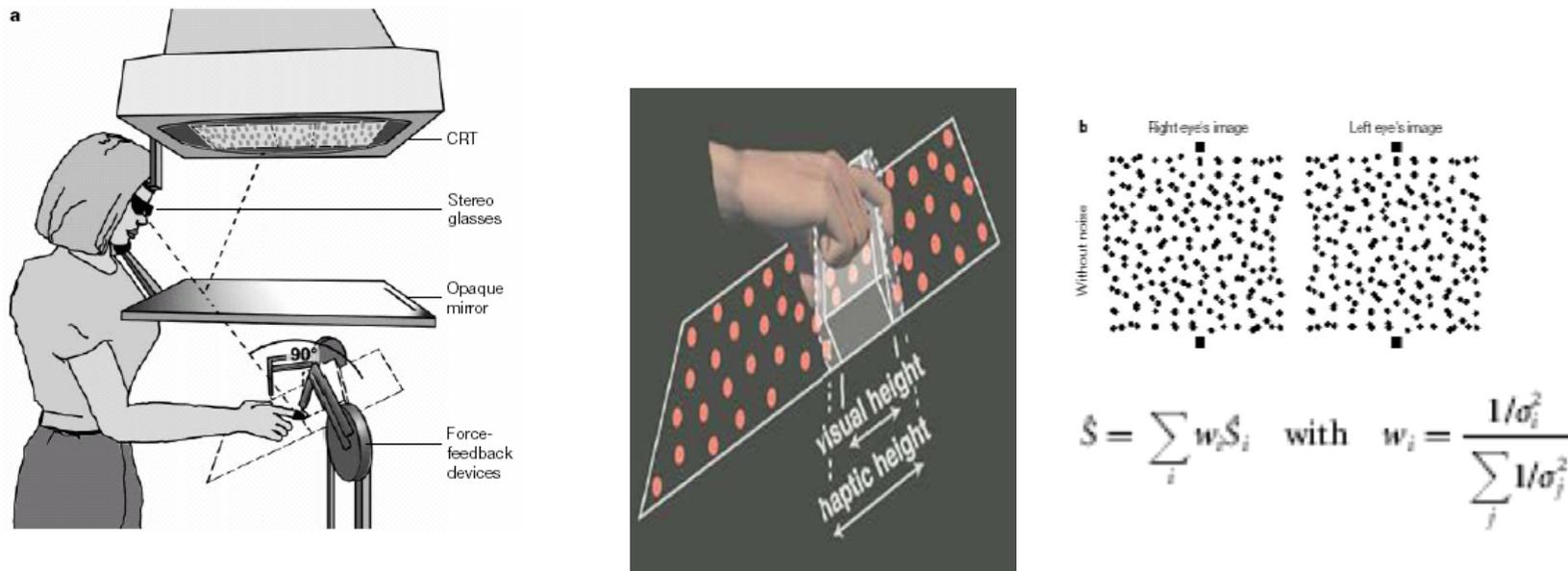
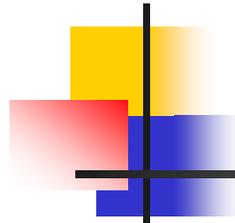


Figure 1. Dispositif expérimental utilisé par Ernst & Banks (2002). A) À l'aide de lunettes stéréoscopiques les sujets voient binoculairement la réflexion du stimulus visuel sur le miroir. Deux robots à retour de force permettent de présenter le stimulus haptique. B) Un tel dispositif permet de manipuler indépendamment les objets virtuels haptique et visuel (soit V la taille de l'objet perçu visuellement et H sa taille estimée haptiquement), mais aussi d'ajouter un "bruit" aléatoire à l'information visuelle.

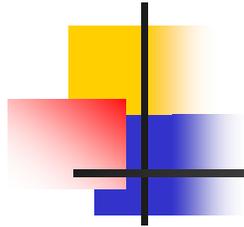


La notion de pondération

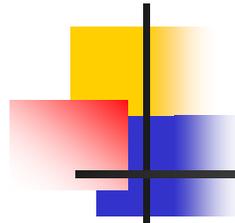
Modèle de [Ernst et Banks, 2002] Ex: Intégration bimodale

- Mesure des performances de discrimination de dimension de l'objet
 - ✓ En unimodal pour chaque modalité (moyenne et variance)
 - ✓ En bimodal avec création de conflits sensoriels
- L'ajout de "bruit" (ambiguïté) sur une modalité augmente la variance associée à la modalité et modifie la performance de discrimination en bimodal

• Le **poids** de chaque modalité peut donc être appréhendé au travers de sa **variance** et serait lié à la **fiabilité** attribuée au signal



1. Redondance et spécificité sensorielle
2. Les sens s'associent pour construire la perception
3. Les sens vérifient des hypothèses faites par le cerveau



Perception et représentations

- Les informations sensorielles sont intégrées et participent à l'élaboration d'un percept unique
- Pour autant, ce point de vue périphéraliste ne doit pas occulter l'influence des "représentations" dans l'émergence de la perception consciente
- La perception correspond bien dans ce contexte à l'organisation et à l'interprétation des sensations

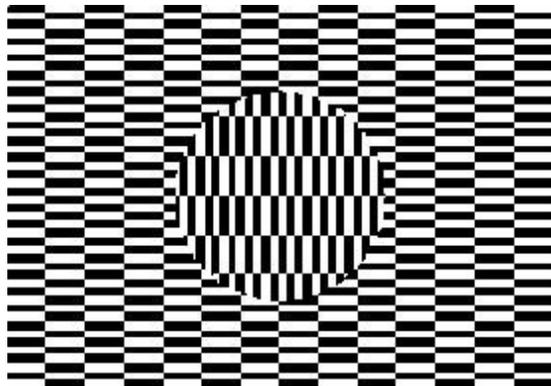
Perception et représentations

Les sens ne sont là que pour vérifier des hypothèses faites par le cerveau (Berthoz, 1998)

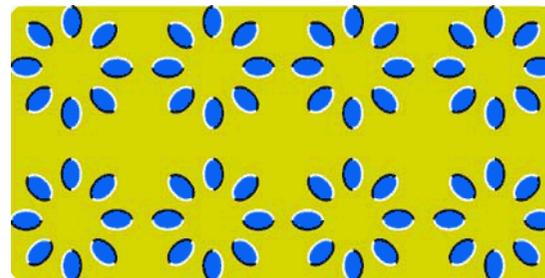


Les illusions perceptives

- Les illusions « bas niveau »
 - Contour subjectif



*Déplacez votre regard : les
barres dans le cercle semblent se
déplacer*



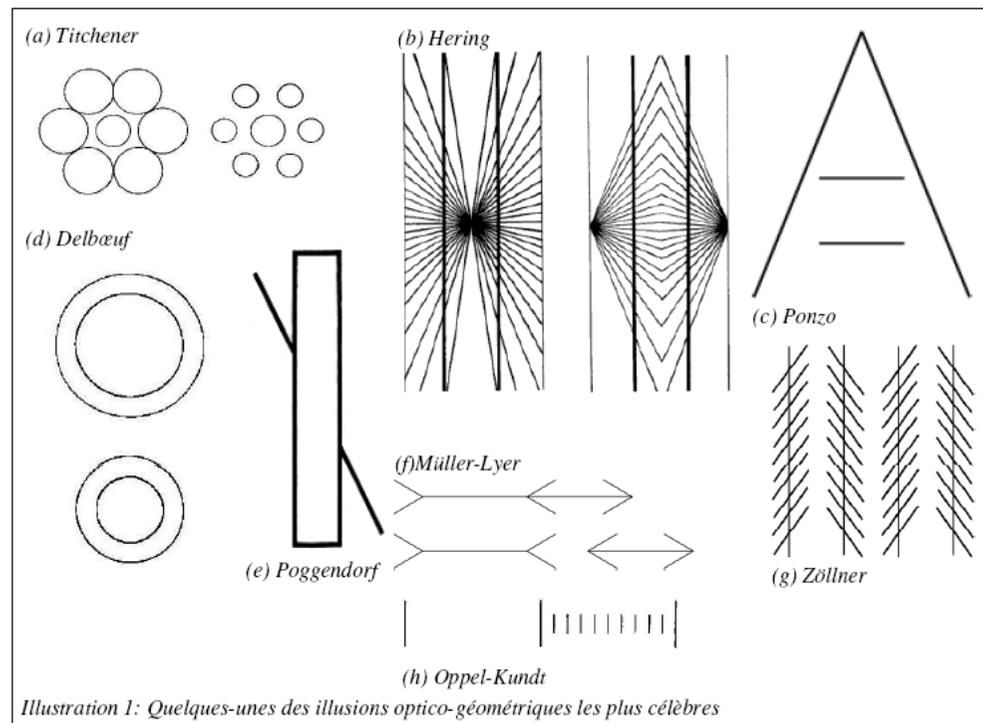
*Déplacez votre regard : les
pétales bleues semblent tourner.*

Les effets de mouvement surgissent au moment où les images rémanentes entrent en conflit avec celles qui sont déplacées du fait des mouvements des yeux

Les illusions perceptives

■ Les illusions optico-géométriques d'interprétation

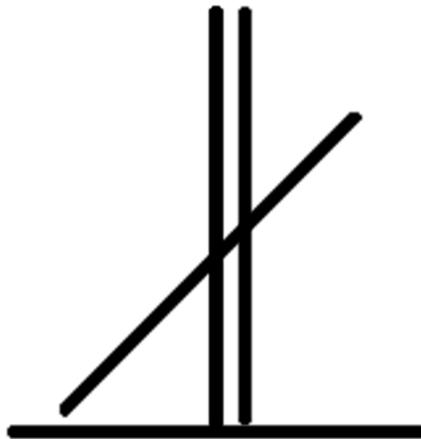
- Mise en relation de grandeurs (Titchener, Delboeuf)
- Effets d'angle (Hering, Poggendorf, Müller-Lyer, Zöllner)
- Perspective (Ponzo, Sander)
- Division de l'espace (OppelKundt)
- Verticalité (Illusion du T)
- Courbure des arcs de cercle



Les illusions perceptives

- Les illusions optico-géométriques d'interprétation

- Verticalité
(Illusion du T)



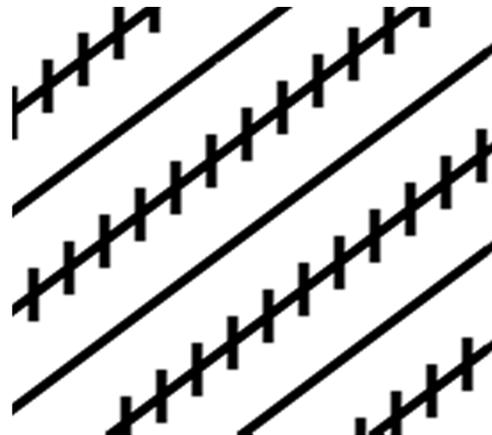
Notre œil bouge plus vite à l'horizontal qu'à la verticale, ainsi, une ligne horizontale, paraît plus petite qu'une ligne, de la même longueur verticale

Les lignes horizontale et verticale sont exactement de la même mesure.

Les illusions perceptives

■ Les illusions optico-géométriques d'interprétation

- Effets d'angle
(Zöllner)

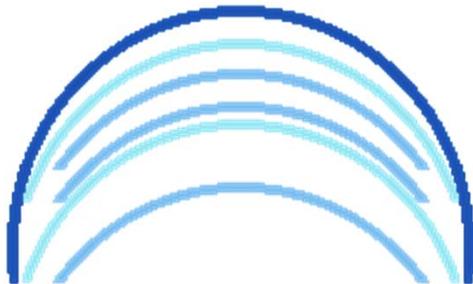


Tendance à vouloir ramener les angles vers des angles droit. Ainsi, nous surestimons les angles aigus et sous-estimons les angles obtus

Les lignes obliques ne semblent pas parallèles alors qu'elles le sont.

Les illusions perceptives

- Les illusions optico-géométriques d'interprétation
 - Courbure des arcs de cercle

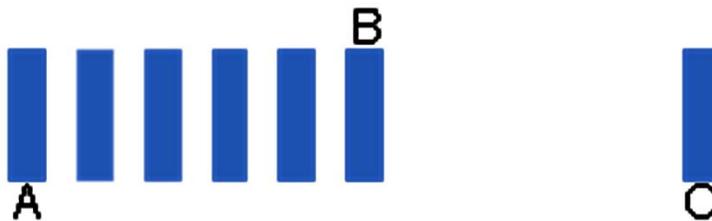


En fonction de la longueur des arcs, leurs courbures varient. Ainsi, les arcs courts sont vus plus plats que les arcs longs

Les trois lignes ont la même courbure malgré les apparences.

Les illusions perceptives

- Les illusions optico-géométriques d'interprétation
 - Division de l'espace (OppelKundt)

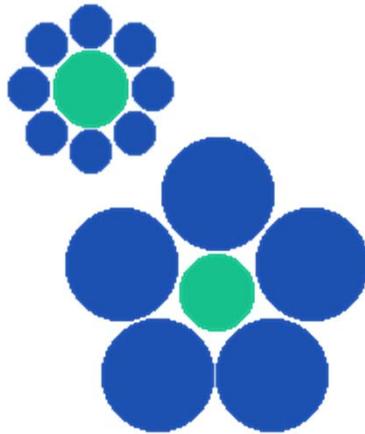


Un espace divisé ou occupé par plusieurs éléments paraît souvent plus grand qu'un même espace vide

La distance entre A et B paraît plus longue que la distance entre B et C.

Les illusions perceptives

- Les illusions optico-géométriques d'interprétation
 - Mise en relation de grandeurs (Titchener)



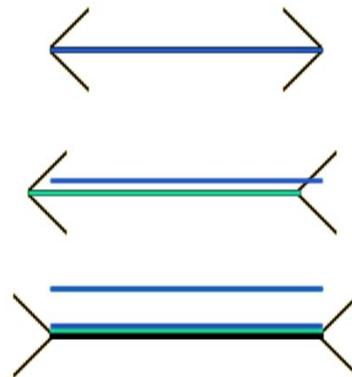
Facteur de contraste :
Un élément test entouré
d'éléments inducteurs
plus petits paraîtra plus
grand que ce même
élément test entouré
d'éléments inducteurs
plus grands

Le cercle central de la figure de gauche paraît plus grand que celui de la figure de droite. Pourtant, ils sont identiques.

Les illusions perceptives

■ Les illusions optico-géométriques d'interprétation

- Effets d'angle
(Müller-Lyer)



Nous surestimons les côtés d'un angle obtus et, l'inverse, nous sous-estimons ceux d'un angle aigu

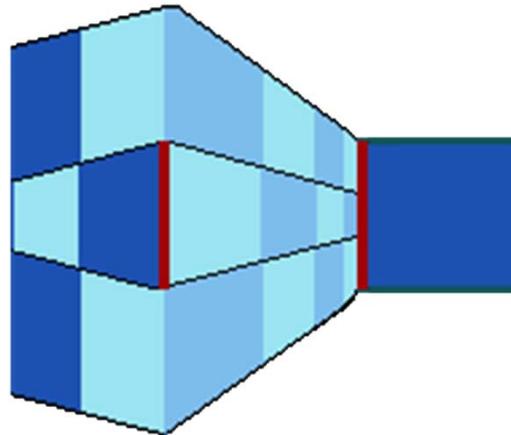
La ligne droite du haut, à inflexions internes paraît plus courte que celle du bas, à inflexions externes.

Les illusions perceptives

- Les illusions optico-géométriques d'interprétation

- Perspective

(Ponzo)

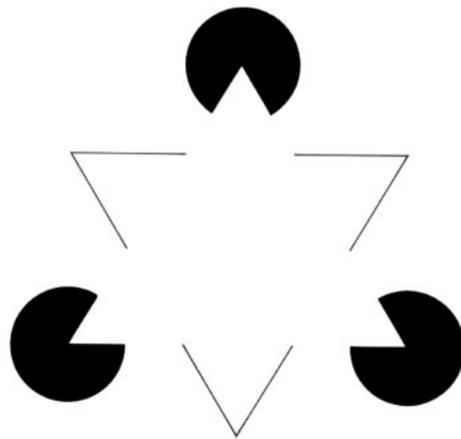


Les lignes obliques apparaissent comme des indicateurs de profondeur. La forme la plus éloignée sera vue plus grande que l'autre

Le trait rouge de droite paraît plus grand que celui de gauche.

Les illusions perceptives

- Les illusions visuelles structurelles
 - Contour subjectif



Un triangle blanc apparaît

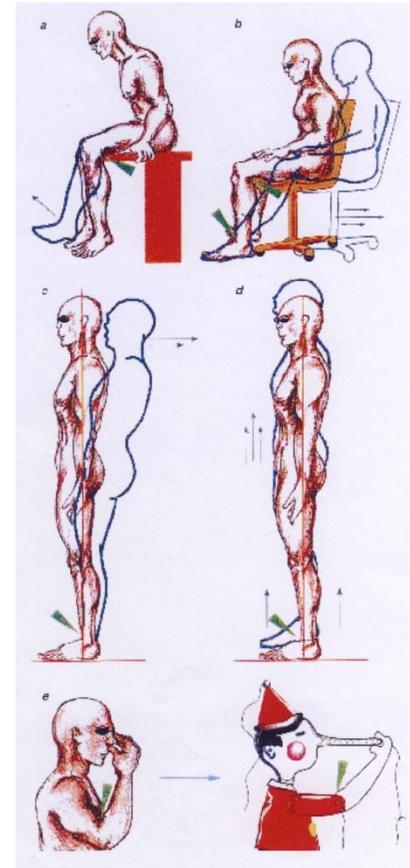


Figures réversibles vase-visages

Des processus cognitifs permettent l'émergence de figures subjectives : notre cerveau cherche à *structurer* le champ perceptif

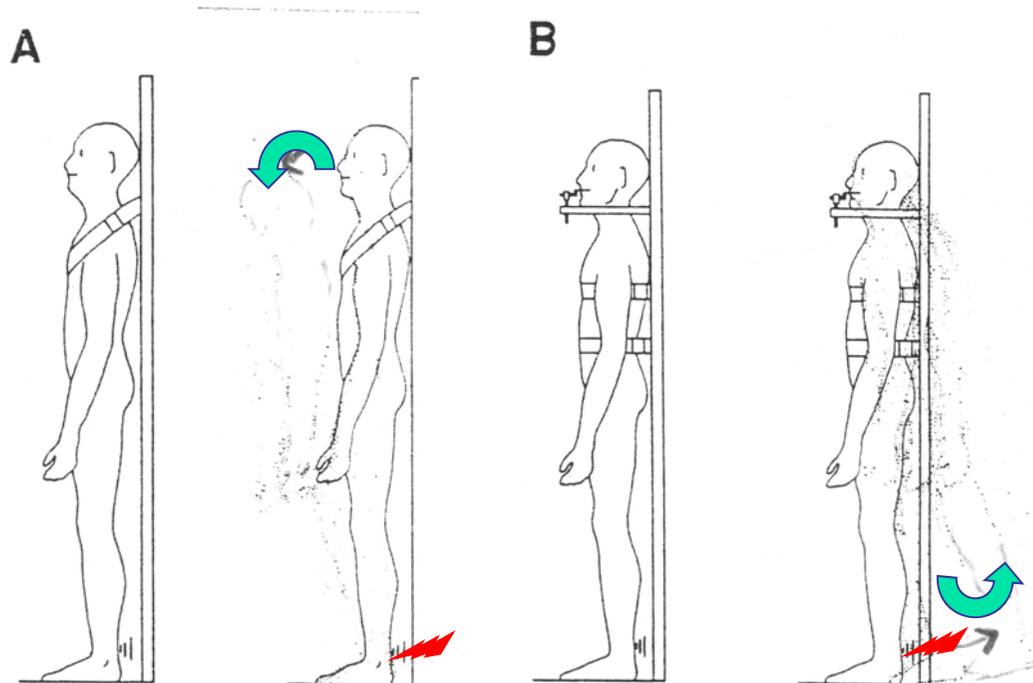
Les illusions perceptives

- Les illusions proprioceptives
 - Illusion Pinocchio



Influence du contexte

■ Illusion d'inclinaison fonction du maintien

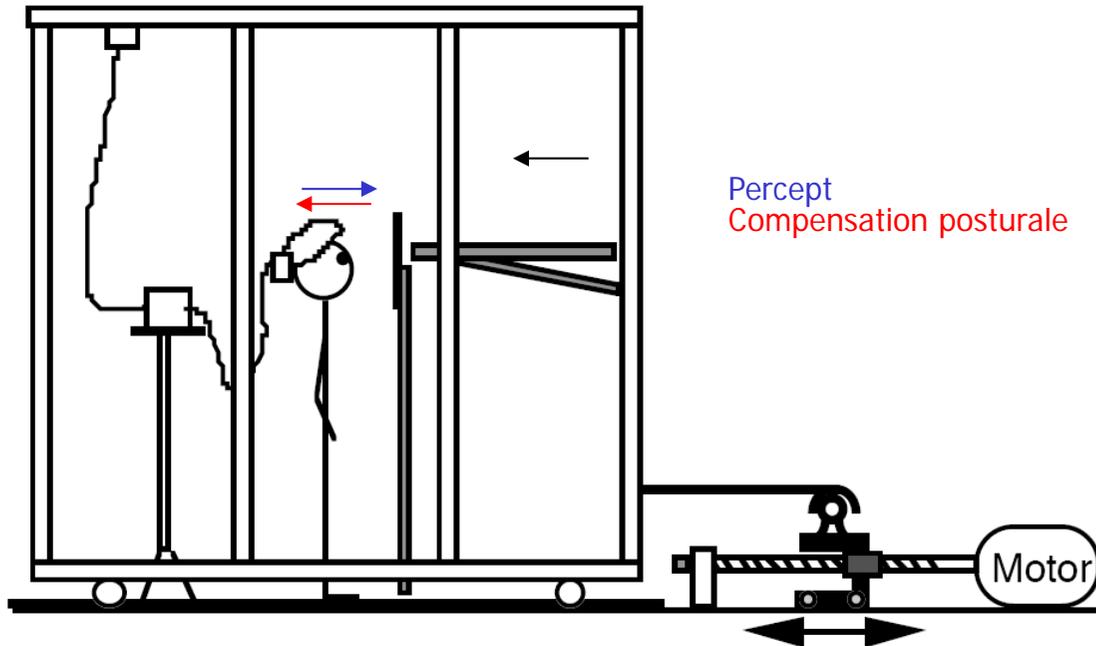


- La vibration bilatérale du tendon d'Achille les yeux fermés provoque une illusion d'inclinaison vers l'avant, dont le pivot peut être modulé par le contexte de maintien (tactile)

Lackner, 1984

Corrélat moteurs des illusions

- Induction visuelle : vection optocinétique
 - Paradigme de la pièce mobile



Lee, 1974; Stoffregen, 2001

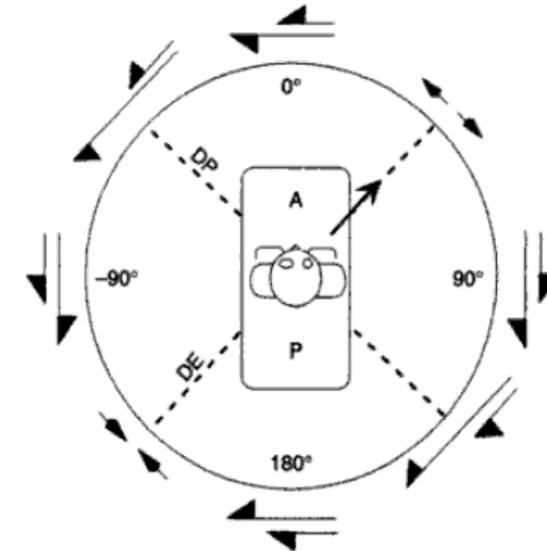


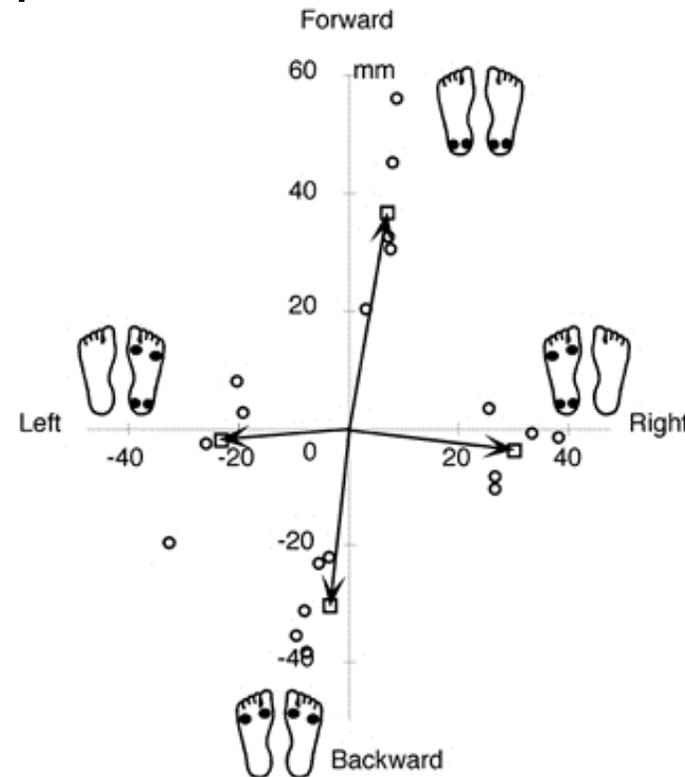
FIGURE 15.4 Conséquences optiques d'une oscillation du corps dans une direction arbitraire (ici 45° par rapport à l'axe antéro-postérieur). Cette figure complète la figure précédente. Le mouvement produit un flux en expansion dans la direction de l'oscillation, un flux en contraction dans la direction opposée et un flux lamellaire dans la direction orthogonale. Si l'environnement est tridimensionnel, ce mouvement produit également une parallaxe de mouvement (représentée par la différence de longueur des vecteurs de vitesse dans cette figure) qui possède un gradient. La direction dans laquelle la parallaxe est maximale (DP) et celle dans laquelle l'expansion est maximale (DE) sont congruentes et informent l'observateur sur les caractéristiques de ses oscillations.

Corrélatés moteurs des illusions

■ Induction tactile et proprioceptive

- Stimulation plantaire et répercussions posturales

La stimulation d'une zone plantaire spécifique induit une illusion d'inclinaison posturale que le sujet compense au niveau moteur



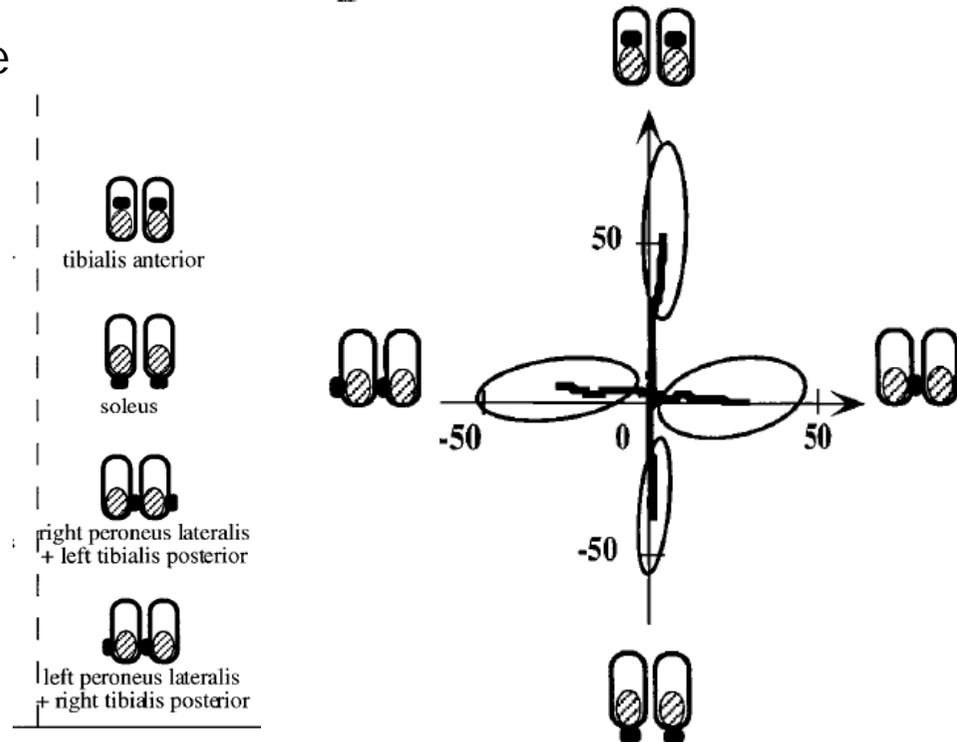
D / DE L'INTEGRATION A LA PERCEPTION

3 / Les sens vérifient les hypothèses faites par le cerveau

Corrélat moteurs des illusions

- Induction tactile et proprioceptive
 - Stimulation proprioceptive

La stimulation bilatérale d'un muscle spécifique induit une illusion d'inclinaison posturale que le sujet compense au niveau moteur

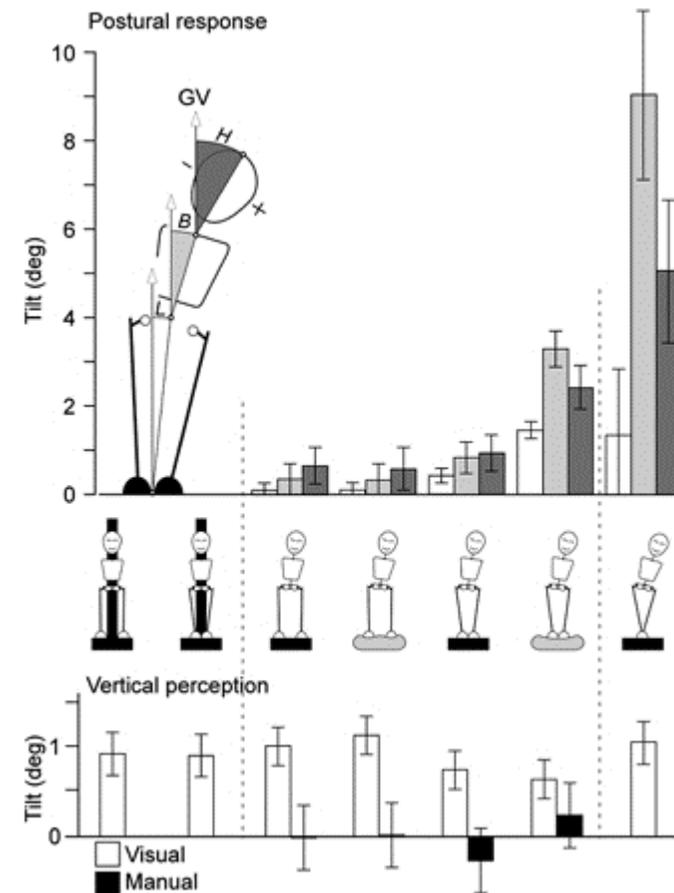


Corrélat moteurs des illusions

- Induction vestibulaire
- stimulation galvanique



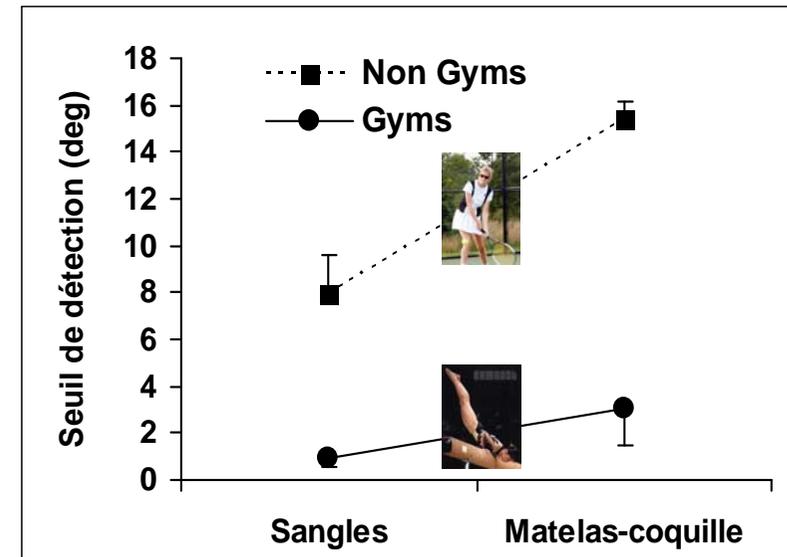
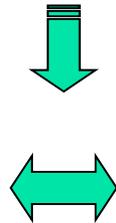
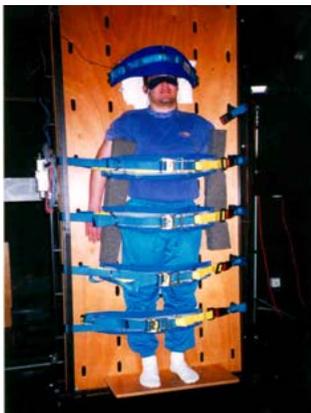
Stimulation électrique de très faible intensité entre les deux mastoïdes. Le courant stimule directement les afférences vestibulaires primaires



<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2343301&rendertype=figure&id=fig03>

Influence de l'expérience

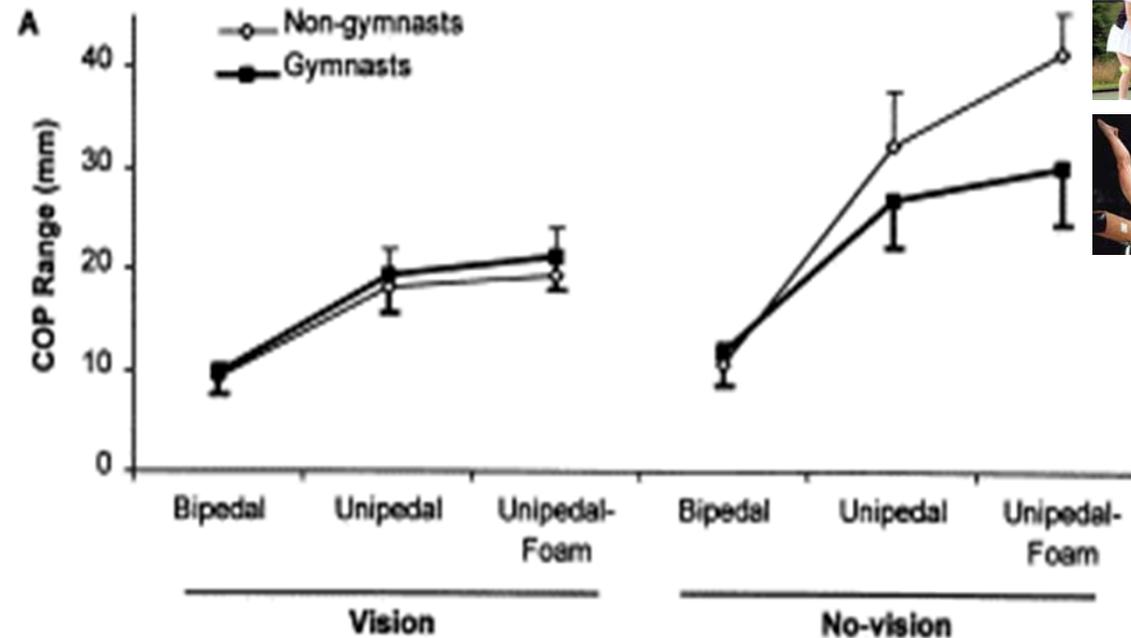
- Pratique sportive et perception de l'orientation posturale



Influence de l'expérience

- Pratique sportive et perception de l'orientation posturale

- Conséquences motrices sur la stabilité posturale



CONCLUSION

- La perception est le fruit d'une intégration multisensorielle
- Elle est également le fruit de nos expériences passées et de nos attentes (contexte, attention)

