

<http://www.biomotionlab.ca/Demos/BMLwalker.html>

Des théories motrices pour expliquer les troubles sociaux

Yvonne Delevoye-Turrell
Justine Blampain

SCALab

Unité de Recherche En sciences Cognitives et Affectives



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur





Les Neurosciences sociales

Un nouvel objet d'études

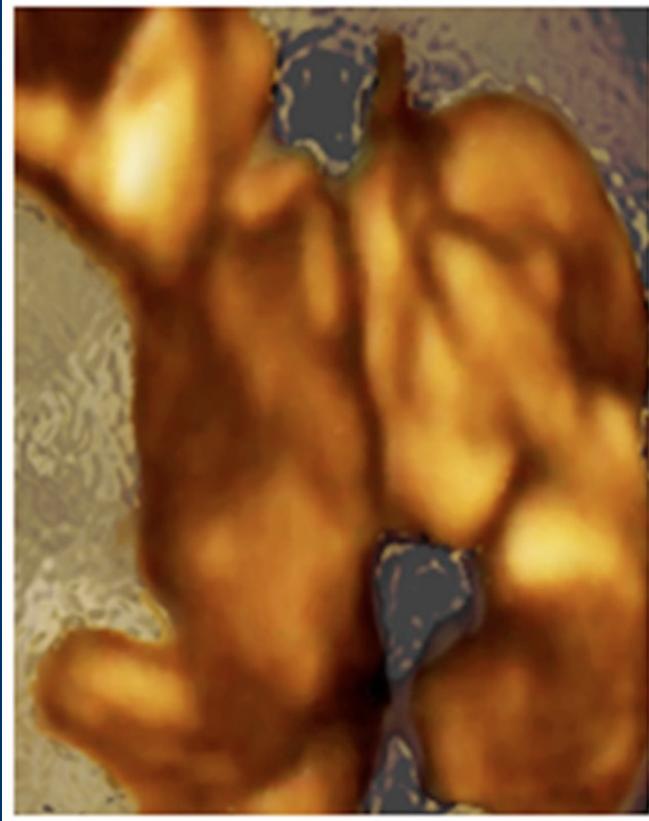
Concepts centraux

- La perception des actions des autres se base sur des mécanismes moteurs
 - Liberman & Whalen 2000
- Le décodage des actions d'autrui se base sur l'activation infra liminaire de notre propre système moteur
 - Gallese et al. 1996; Rizzolatti & Arbib 1998
 - Fadiga et al. 1995; Grezes et al. 2001

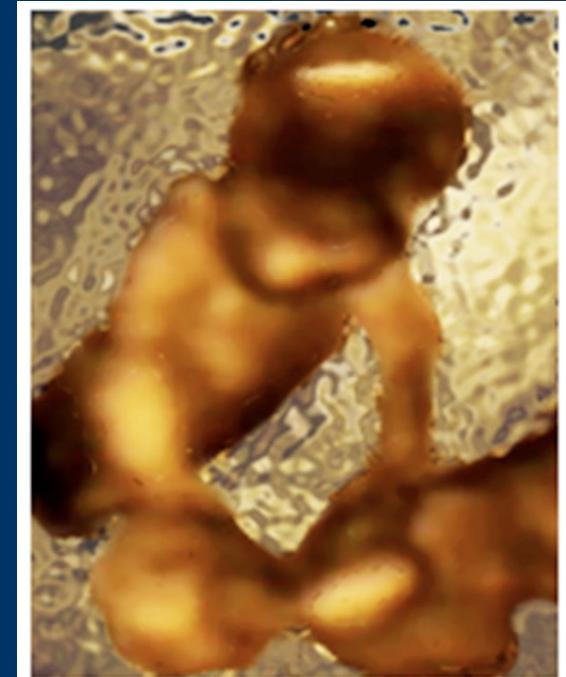
14ème et 18ème semaines de gestation

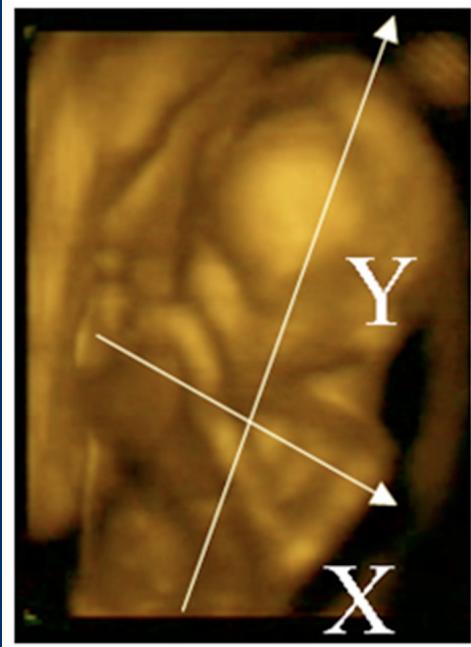


Les mouvements sociaux existent-ils aussi chez l'embryon?

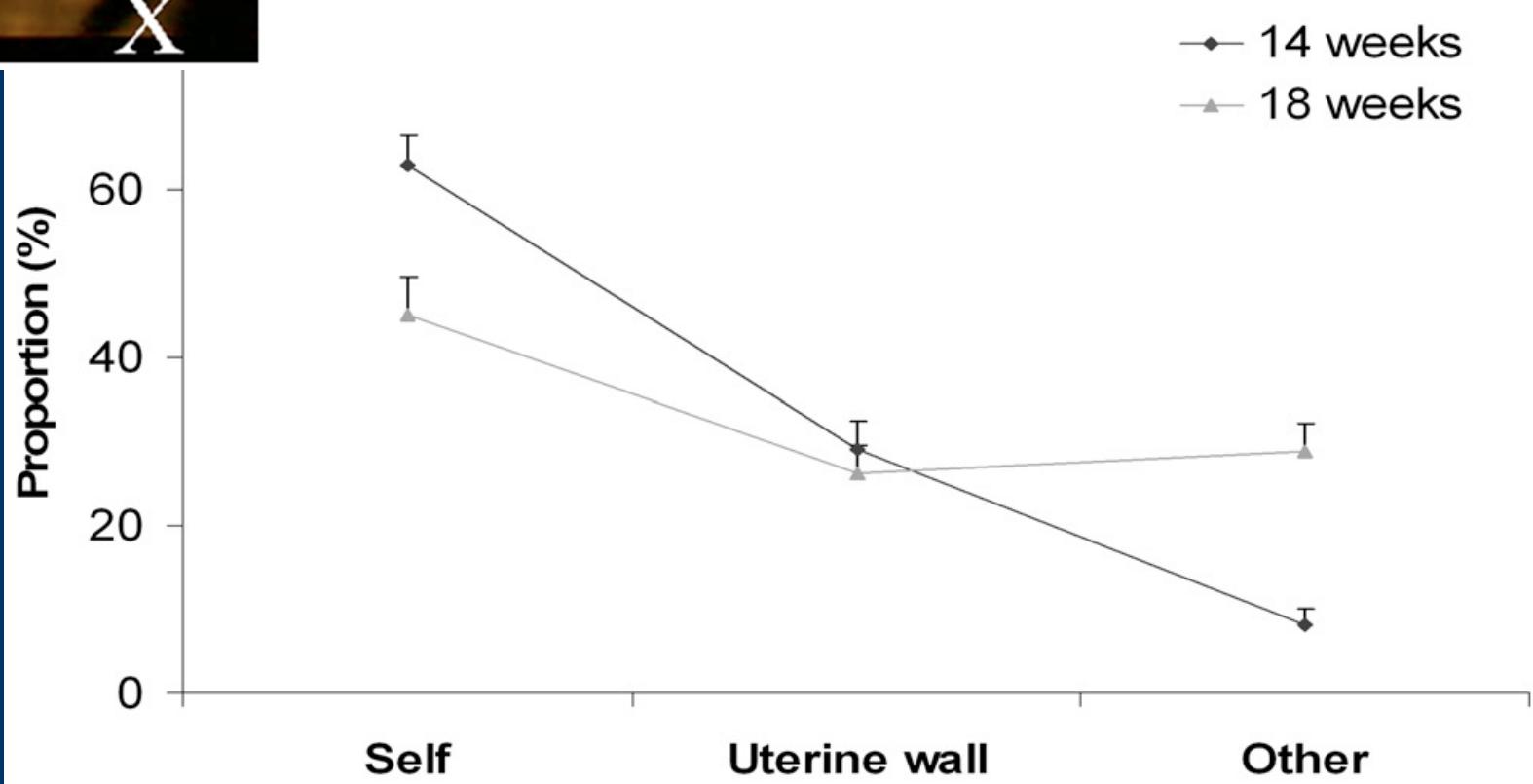


Carresse du dos
(gauche) et de la tête (droite)

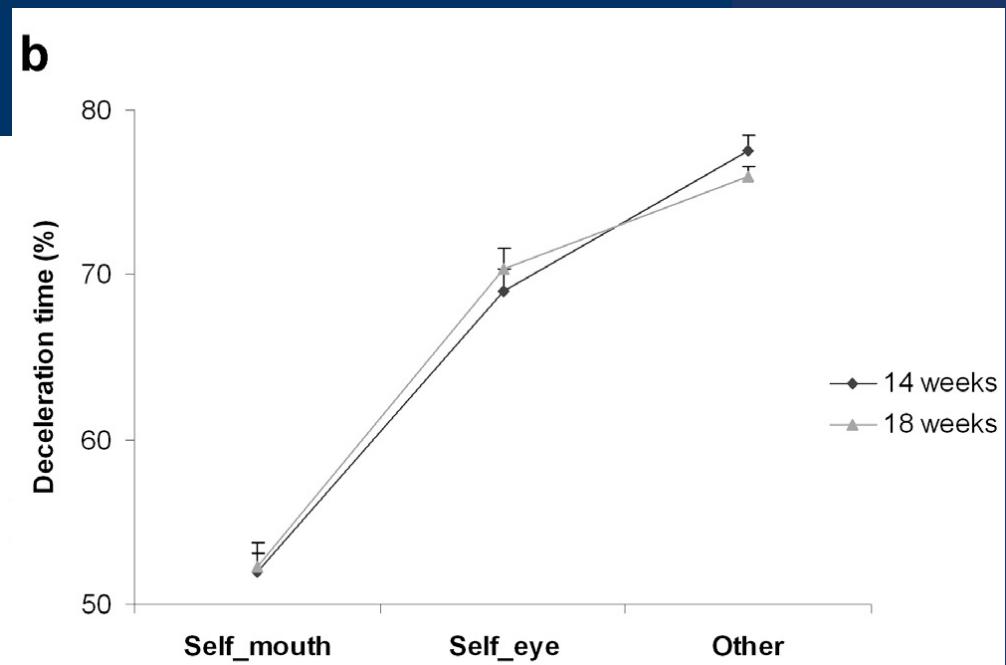
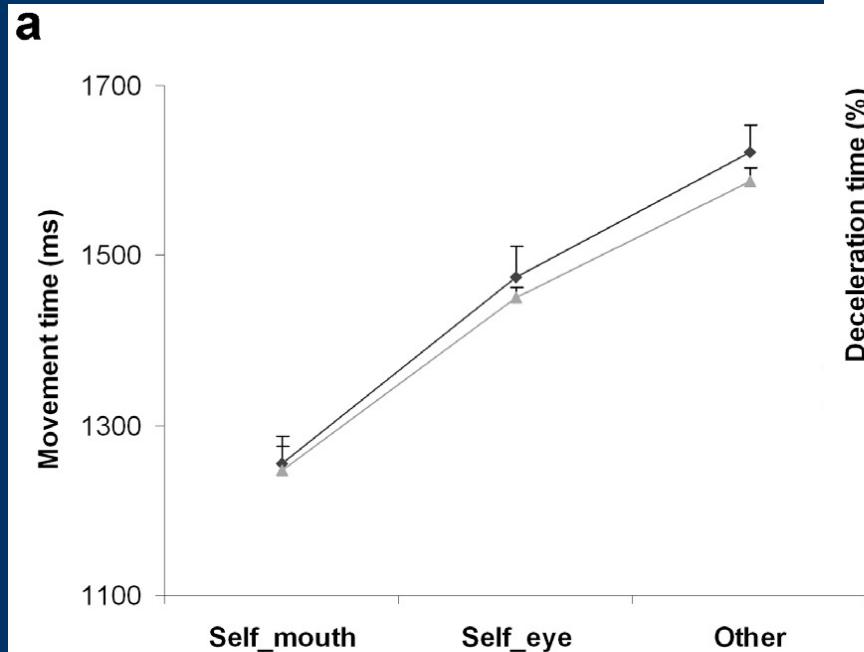




fait du hasard...?



Adaptation cinématique aux propriétés de la cible



Cablé pour être social

- Performance motrice des mouvements vers le jumeau n'est pas accidentelle
- Dès le 14^{ème} semaine de gestation, les fœtus exécutent des mouvements intentionnels vers son jumeau
- Boucles de contrôle permettent d'ajuster la cinématique pour adéquation comportementale

Castiello U, Becchio C, Zoia S, Nelini C, Sartori L, et al. (2010) Wired to Be Social: The Ontogeny of Human Interaction. PLoS ONE 5(10): e13199.

Boucles internes de contrôle

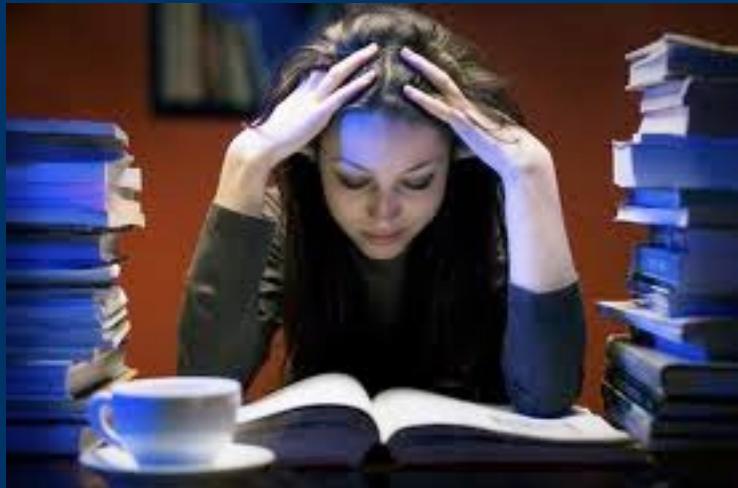
Concepts et outils qui permettent de comprendre le pourquoi du terme de cerveau social en neurosciences

Unité de base de l'être social
qui est présente
dès la naissance

Plan du cours

- Les modèles internes pour les interactions motrices et sociales
- Un substrat neuronal possible?
L'histoire des neurones miroirs
- Confrontation des deux modèles
 - Réflexions autour de la pathologie (cas de l'autisme et de la schizophrénie)
 - Argumentations expérimentales

Lire et réfléchir



Pour apprendre à argumenter

Brocken neurones in autisme

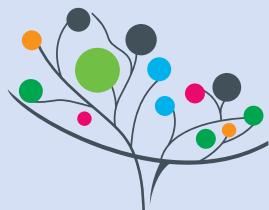
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/scienccenow/video/3204/q01-220.html>

Des théories motrices pour expliquer les troubles sociaux

Yvonne Delevoye-Turrell

SCA Lab

Unité de Recherche En sciences Cognitives et Affectives



Université Lille Nord de France

Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur





Système moteur est le seul moyen de communication donné à l'humain

Selon Prinz 2001...

Nous pouvons interagir avec notre environnement de deux manières fondamentalement différentes.

Nous pouvons produire volontairement des actions sur la base d'une motivation interne, en mode *prédictif*...

Il est également possible de réagir aux choses qui sont présentes et visibles dans notre environnement, en mode *réactif*.

Nous pensons aujourd'hui que ces deux modes d'action sont codés par notre cerveau par des mécanismes différents, et l'un en particulier (le mode volontaire) serait crucial pour nos interactions sociales.

Deux modes d'inter actions

Réagir

- Je dépend de mon environnement... je prends du temps à bouger, mais je peux m'adapter à des choses imprévues



Prédire

- Je peux prendre des décisions et préparer mes actions en anticipation, sur la base de mes connaissances



Partie 1: Modèle conceptuel du contrôle moteur

Le programme moteur

La boucle ouverte

- Un système cérébral qui permet de préparer un mouvement volontaire et de l'exécuter sans réaffrences sensorielles

Le programme moteur

Exemple de la vie courante

- Signalisation routière
 - Le minutage des feux tricolores...
- Informatique
 - Le programme d'ordinateur...
- Le réveil
 - Déclenchement de la sonnerie...



Le contrôle en boucle ouverte

niveau 1: Agent exécutif

- Décider et spécifier que faire (sélection)
- Décider et spécifier comment faire (programmation)

niveau 2: Effecteur

- Réception et exécution de la commande par les muscles du système moteur périphérique

Agent exécutif

Objectif moteur

Modèle
inverse

Commandes motrices

effecteur

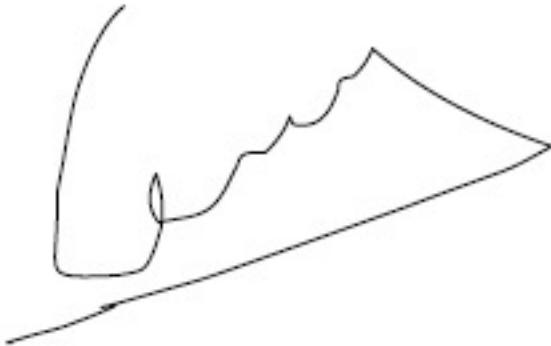
Programme moteur généralisé

- SCHMIDT: la théorie du Schéma moteur (1975)

Définition

Un schéma (de rappel) : ensemble de **règles** qui relient les paramètres d'un mouvement (force, amplitude, durée) aux caractéristiques de l'environnement dans lequel il se déroule. Il sert à **générer les caractéristiques** du mouvement à venir

Programme moteur généralisé



Main droite



Main gauche

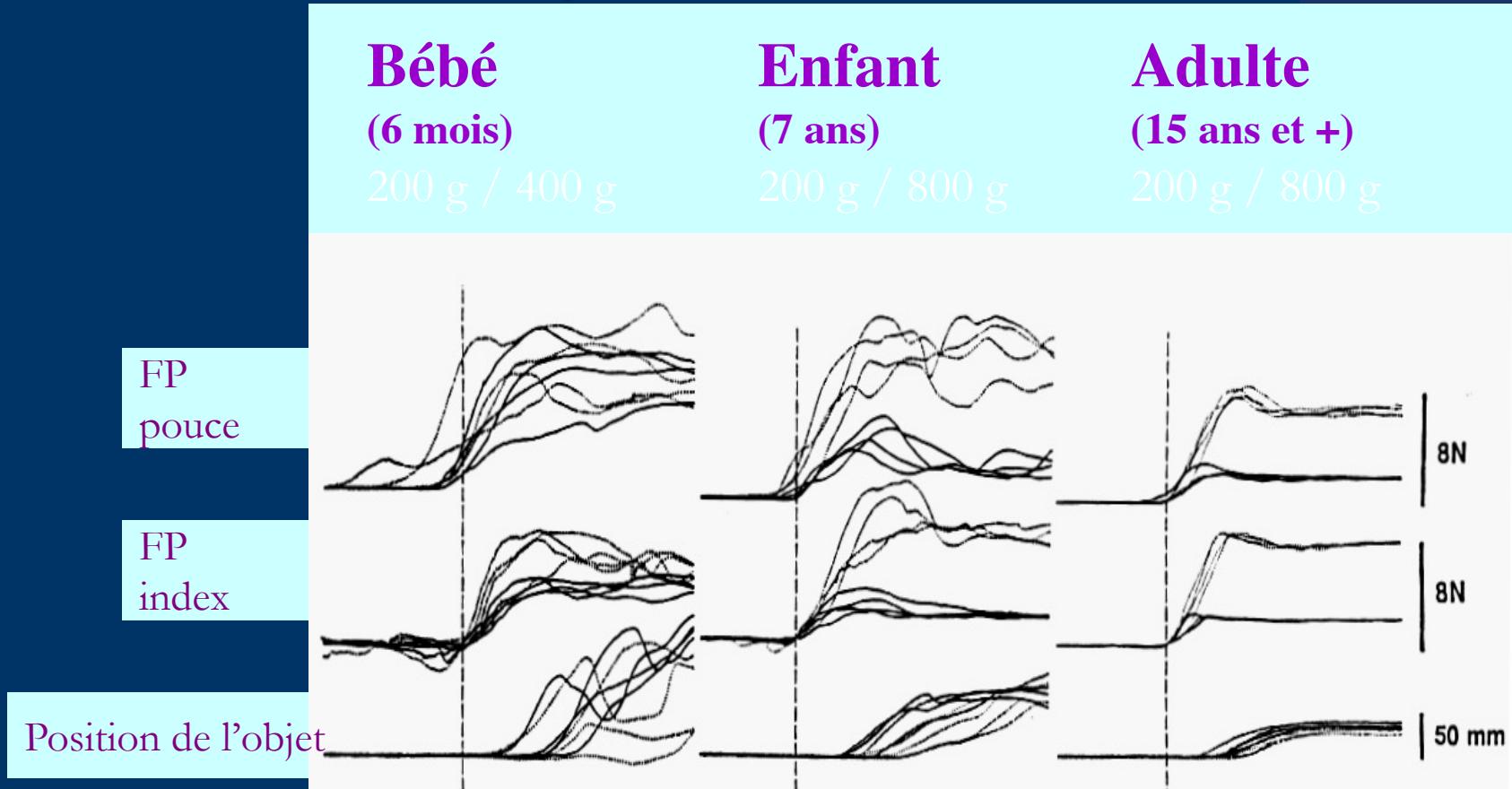
Les **relations spatiales et temporelles** entre les parties du mouvement sont invariantes

INVARIANTS

Mais les **durées** et les **amplitudes** des 2 mouvements (MD) sont différentes
Le **segment** utilisé varie (MD / MG)

PARAMETRES

Effet de l'âge sur la force de préhension



(Forssberg et al., 1992)

Et si j'ai la possibilités de choisir
entre plusieurs actions...

Comment réajuster un mauvais
choix?

Partie 2: Modèle conceptuel du contrôle moteur

**La boucle fermée
pour *REAGIR*
*et corriger les erreurs réalisées***

La métaphore

Thermostat

1. Définition d'un objectif
2. Comparaison
sortie **réelle** = sortie **désirée** ???
3. Correction réalisée sur la base de l'erreur mesurée



Le contrôle en boucle fermée

3 niveaux

- Lobe frontal = Déterminer l'objectif moteur
- Lobe pariétal = intégrer pour déterminer la situation réelle
(référence d'adéquation)
- Cervelet = Comparateur

position
poids
forme

Soulever
l'objet

P1G



doigts

?

Adulte

(Enfant ?)

Les sources d'informations sensorielles

- Information **extéroceptive** (vision; audition...)
 - Structure de l'environnement
 - Mouvement des objets
 - Déetecter nos mouvements relatifs au monde
- Information **proprioceptive** (kinesthésique)
 - Position des articulations
 - Forces produites par les muscles
 - L'orientation dans l'espace

Agent exécutif

Objectif moteur

Modèle inverse

Trace mnésique de
l'objectif

Comparateur
en feedback

Correction
de l'erreur
après exécution

Contrôle en
boucle fermée

effecteur

Afférences
Sensorielles réelles

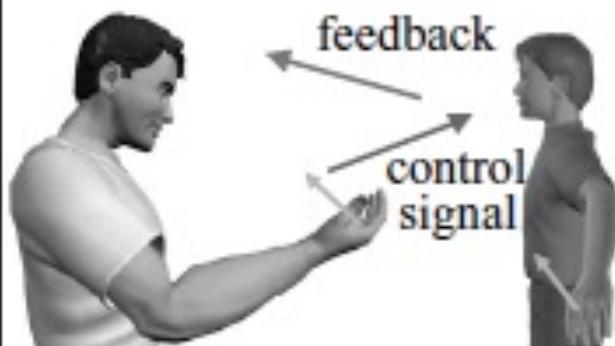
	motor control	social interaction
loop	(a) 	(b) 
control signal	motor command	communicative actions e.g. speech, gesture
consequences	change in my body's state	change in your mental state
state	configuration of my body	mental state of your mind

Figure 1. The sensorimotor and social interaction loops. The motor control loop (a) involves generating motor commands that cause changes in the state of my own body. Depending on this new state and the outside world I receive sensory feedback. The social interaction loop (b) involves me generating motor commands that cause communicative signals. These signals when perceived by another person can cause changes in their internal mental state. These changes can lead to actions which are, in turn, perceived by me.

Caractéristiques de la boucle fermée « feedback control »

- Prise en compte de nombreuses informations de l'environnement
- Optimise **adaptabilité** et **flexibilité** d'un mouvement par rapport à un environnement imprévisible, peu stable
- Cette **flexibilité** est couteuse en énergie (contractions musculaires) mais surtout en **TEMPS**.
⇒ N'est efficace que pour des mouvements relativement lent ($>1s$)

Prise de conscience

>2 s

cognitif

250 ms

180 ms

90 ms

réflex

50 ms

La boucle fermée

Agent exécutif

Objectif moteur

Modèle inverse

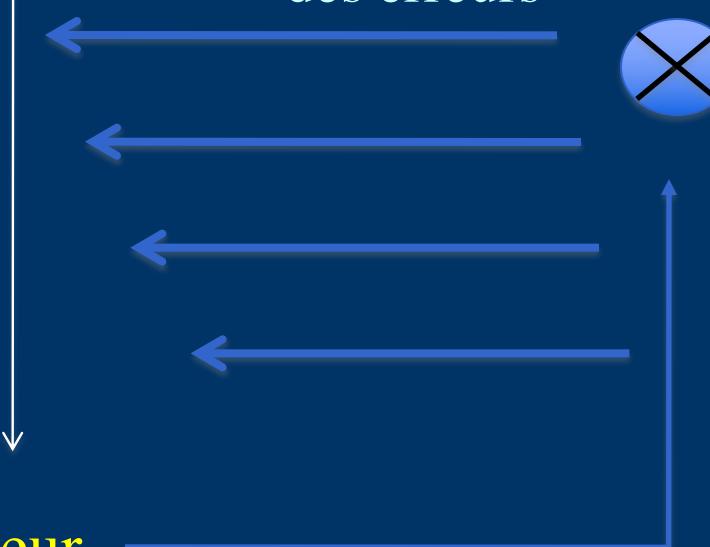
effecteur

Trace mnésique de l'objectif

Corrections des erreurs

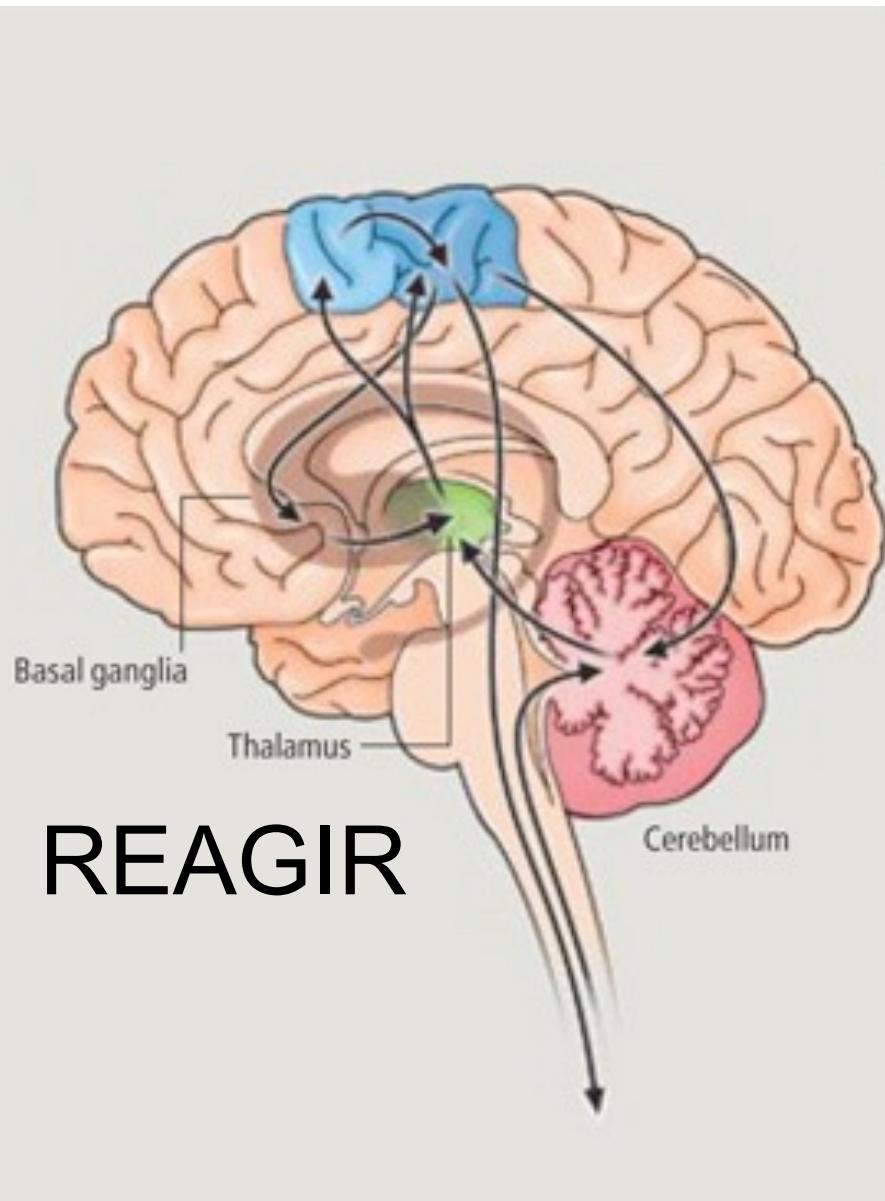
Comparateur en feedback

Réafférences motrices



Chemin le plus court **pour aller vite.**

Réponses automatiques et donc peu adaptées.
Que peu accès à la conscience.



Feedback
control

Questions pour vos révisions

- Pourquoi doit-on encourager les enfants de CP à bien s'asseoir face à la table et écrire lentement chaque lettre, l'une après l'autre?
- Décrivez la façon dont ce type de système pourrait marcher sur un trottoir verglacé.
- Donnez deux activités motrices de la vie quotidienne pour lesquelles ce type de contrôle serait la meilleure (attention exogène)

Rational imitation in preverbal infants

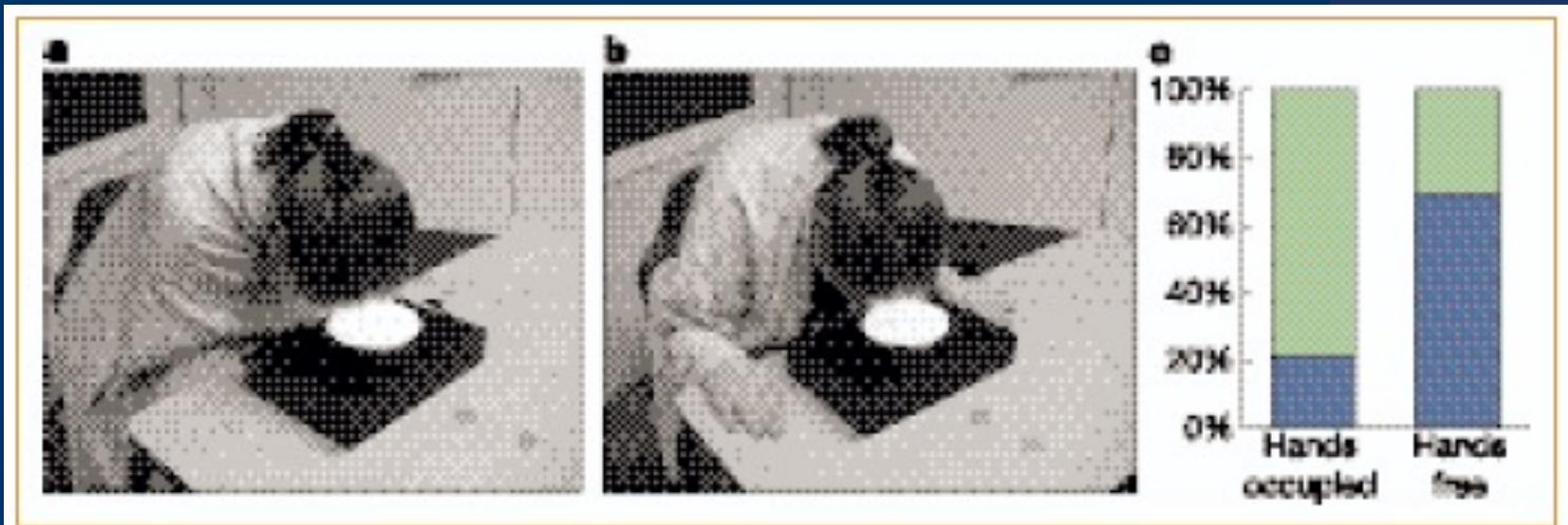


Figure 1 Comparison of the methods used by 14-month-old infants to switch on a light-box 1 week after watching how an adult executed the same task under two different conditions. **a, b**, Adult switching on the light by touching the lamp with her forehead in the hands-occupied condition (**a**, $n=14$) or the hands-free condition (**b**, $n=13$). **c**, Methods used by infants to switch on the light-box after watching the head action used by the demonstrator under these two conditions (left bar, adult had hands occupied; right bar, adult had hands free), recorded over a 20-s period. Blue, head action was re-enacted; green, only manual touch was used. Further details are available from the authors.

Alors, est ce qu'une boucle fermée peut expliquer les résultats obtenus?

NON!

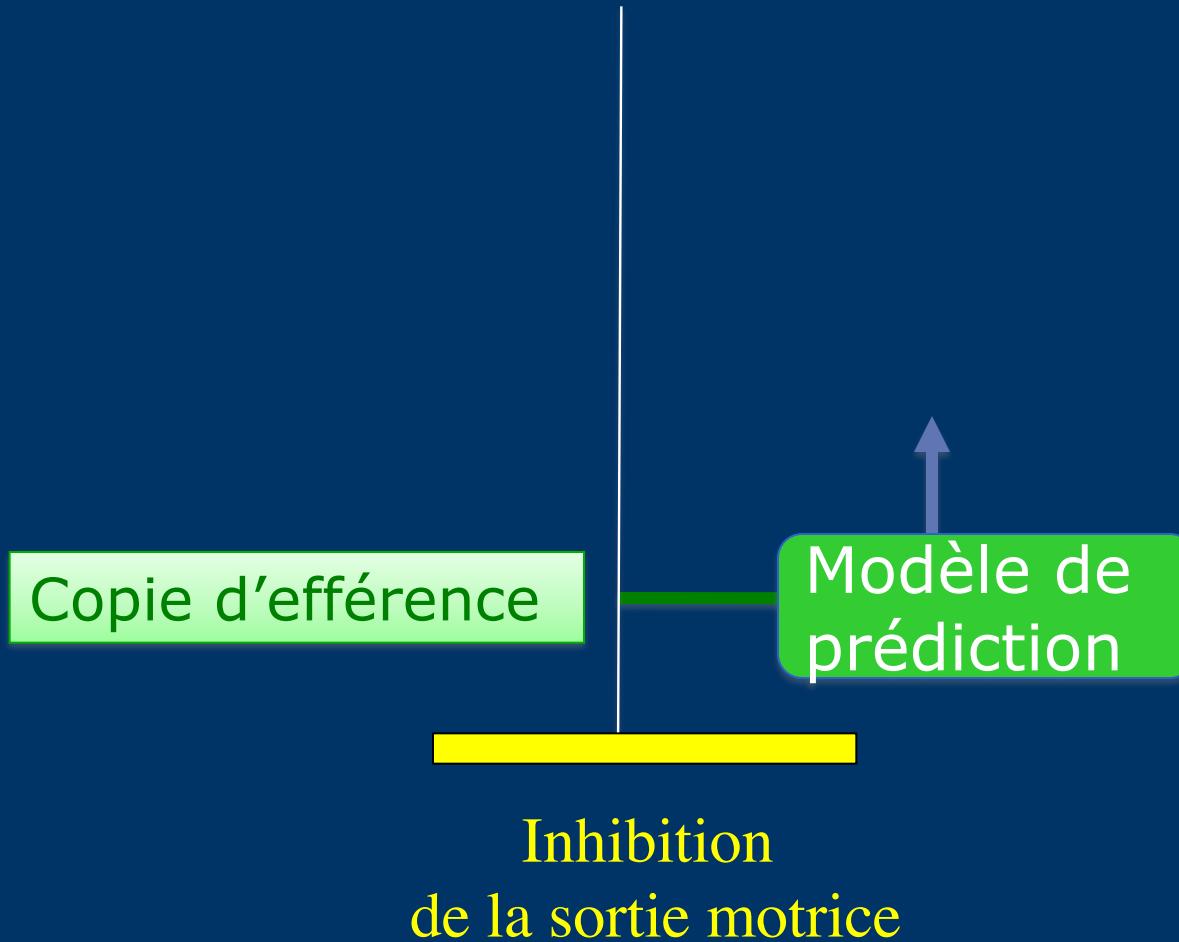
- Les résultats suggèrent que les enfants ont « imaginé » le pourquoi du comportement de l'adulte.
- Imitation directe que s'il existait une certaine logique au comportement observé.
- Quelle est la boucle de contrôle permettant l'imitation indirecte?

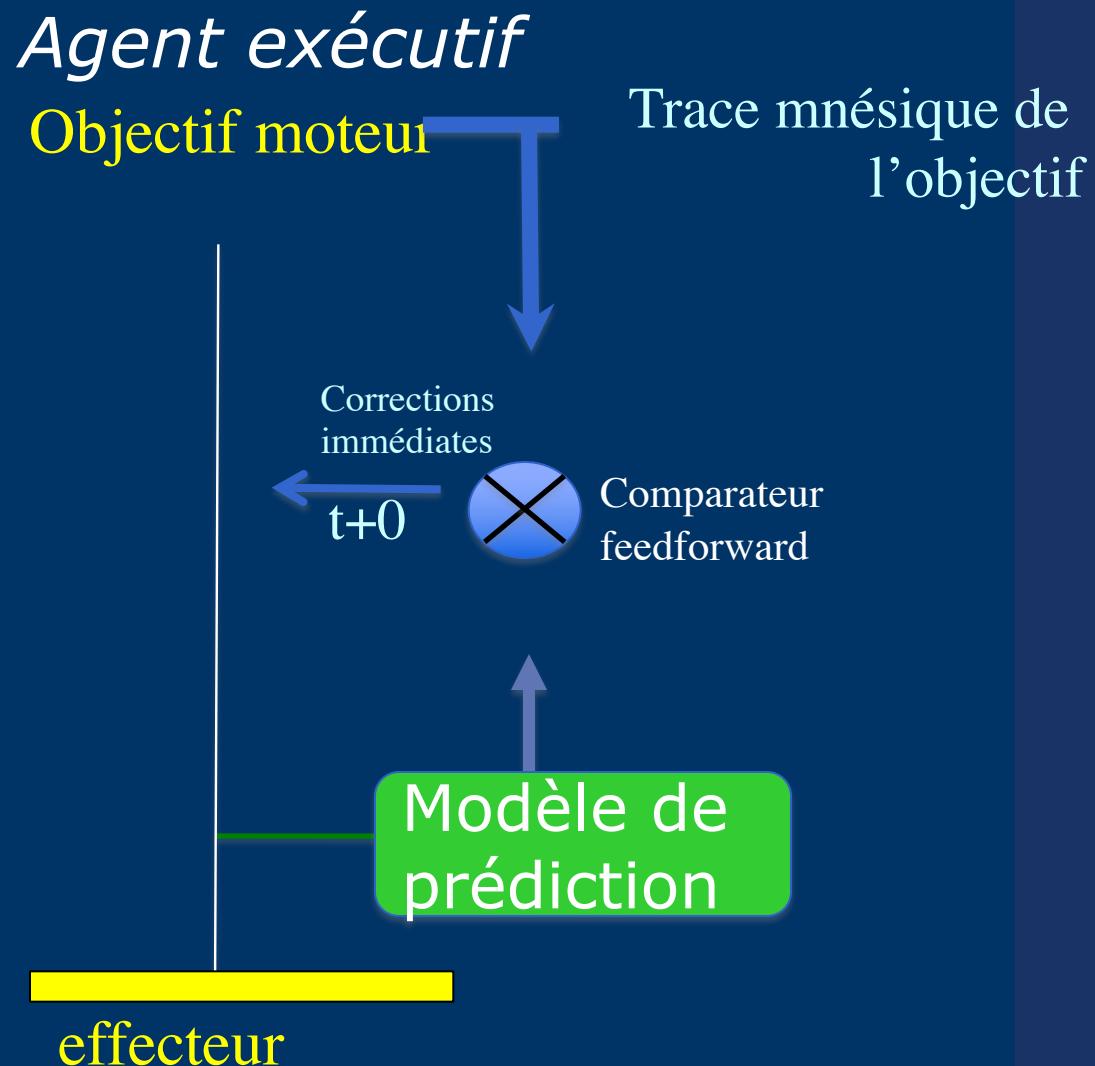


Partie 3: Modèle conceptuel du contrôle moteur

**La boucle interne pour
ajuster en anticipation**

Agent exécutif
Objectif moteur

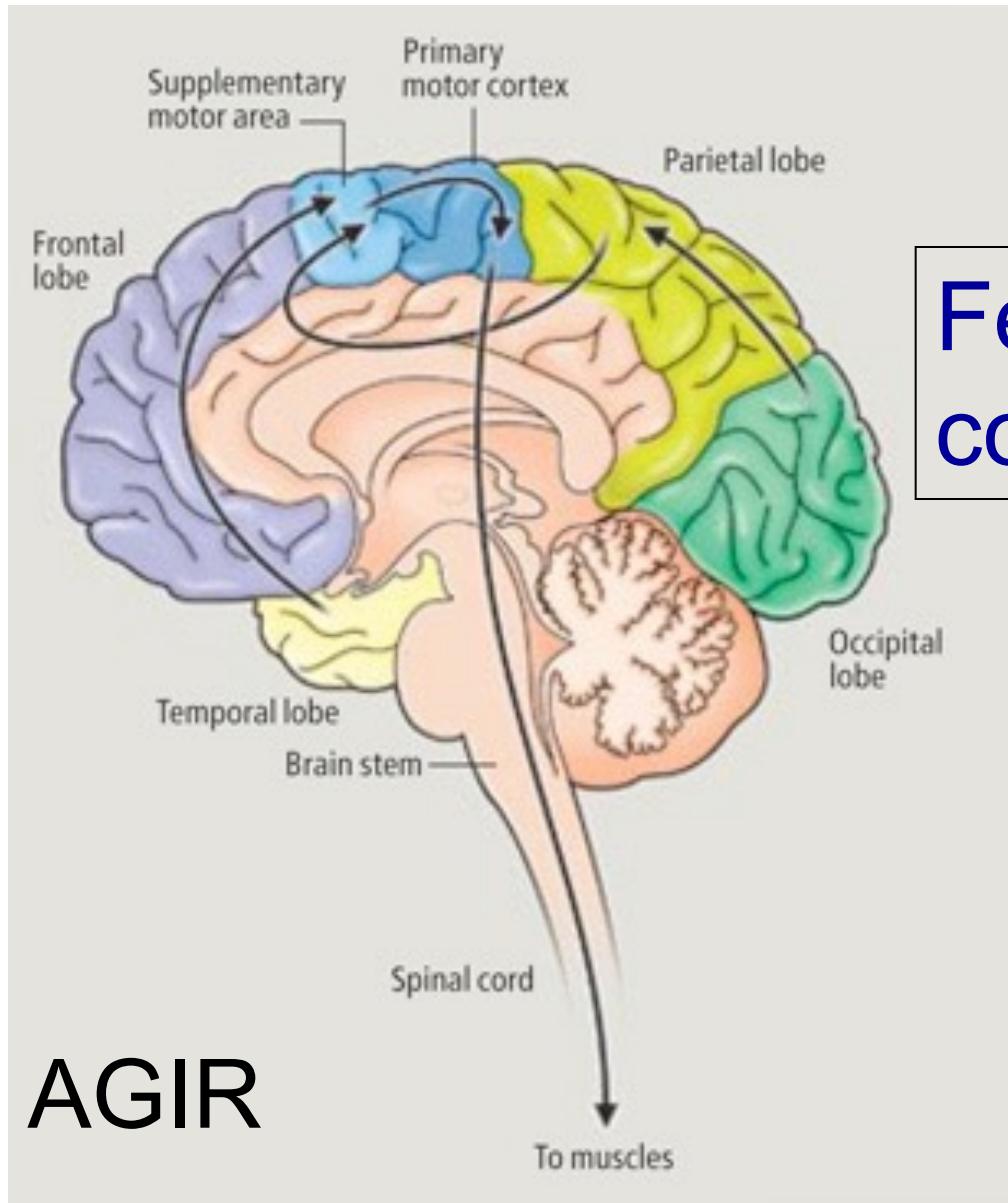




Le contrôle en boucle interne « **feedforward control** »

- Des instructions spécifiques, déterminées **en avance**, définissent les opérations à effectuer, leur séquence et leur minutage
- Une fois que le programme a été initié, le système exécute successivement la commande
- Possibilités de détecter ou de corriger les erreurs par une comparaison anticipé
- L'efficacité est maximale dans des environnements **stables** et **prévisibles**

Prendre le temps pour activer toutes les zones cérébrales (prise de décision, intégration du contexte, simulation et imagination)



Feedforward
control

AGIR

Le lien avec la simulation motrice

- Donders (1969): « La durée d'un acte moteur imaginé est une mesure quantitative objectivable pouvant révéler des propriétés des représentations motrices, lorsque cette mesure est comparée à la durée des actes moteurs réels ».

FITTS LAW (DECETY & JEANNEROD 1995)

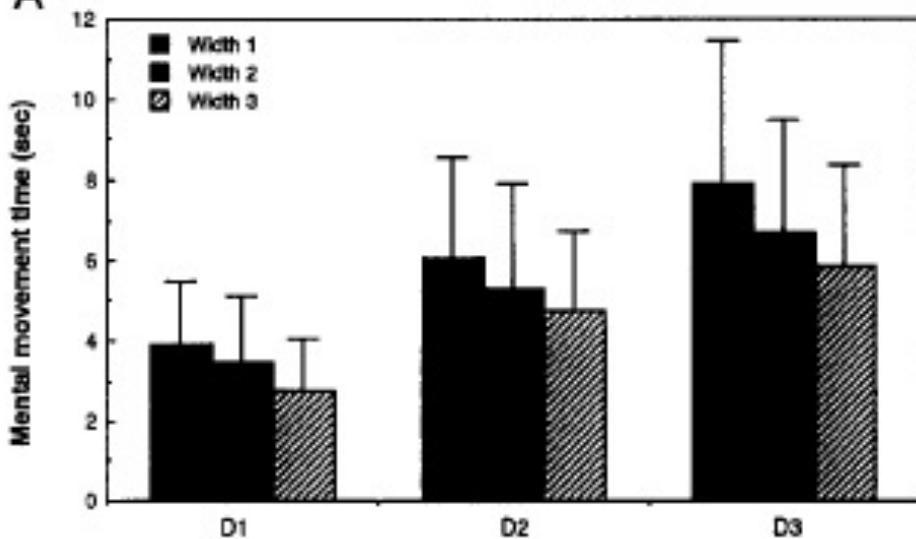
- 16 sujets de 20 à 35 ans
- **Tâche:** simuler un mouvement de marche (en réalité virtuelle) vers des portes qui pouvaient se trouver à différentes distances (3, 6 , 9 m) et différentes taille (45, 90, 135 cm)
- **Analyse:** temps de mouvement en fonction de l'indice de difficulté

Decety, J. & Jeannerod, M. (1995): Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitts's law hold in motor imagery? Behav Brain Res, 72, 127-34.

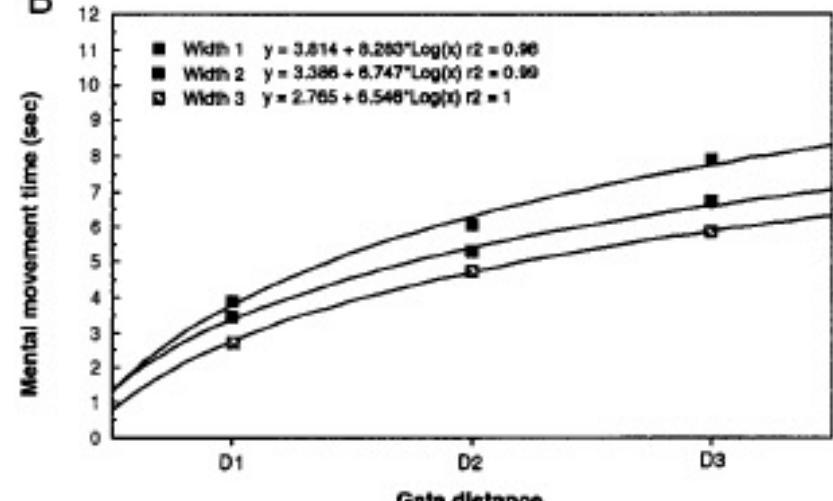
Fitts (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, JEP, 47(6), 381-391

FITTS LAW (DECETY & JEANNEROD 1995)

A



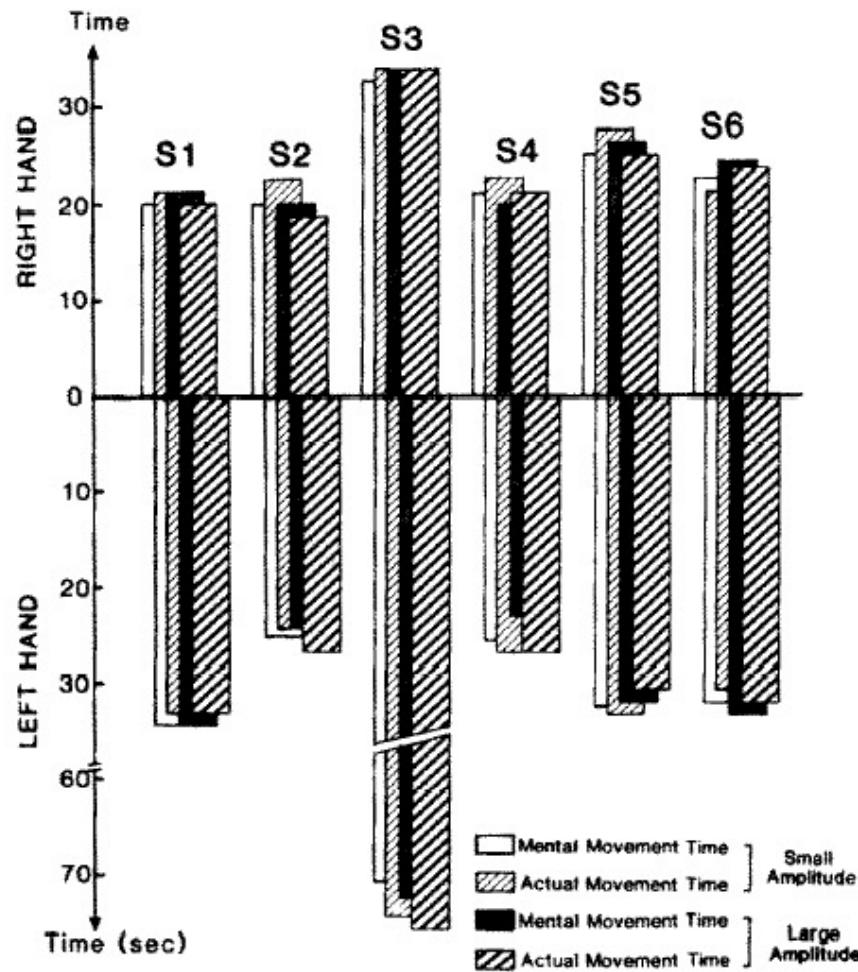
B



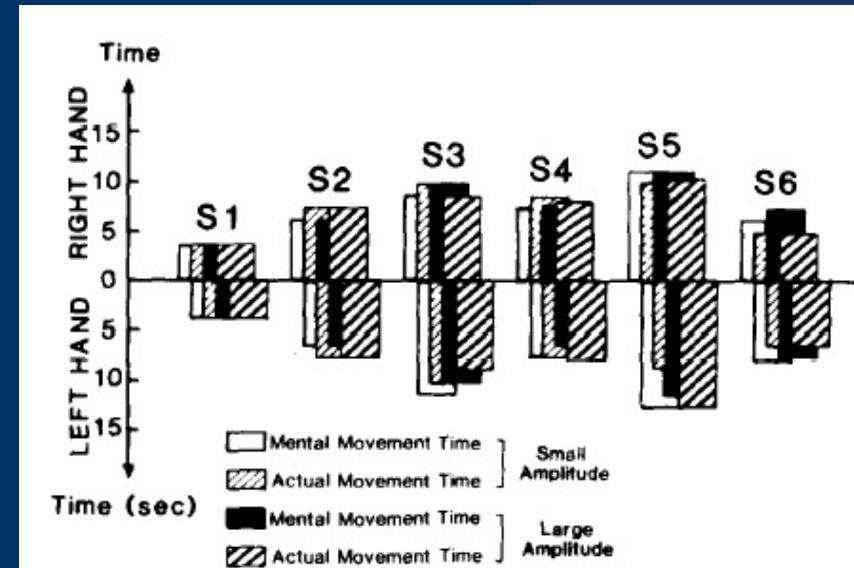
Fitts law governs both true motor actions and imagined actions. Imagined voluntary actions are subject to ALL biological laws of intentional body movement.

Ex: Principe d'isochronie (Decety & Michel 1989)

Ecriture



Dessin



→ Temps de mouvement identique que l'action soit réelle ou simulée.

Le système miroir permettrait de comprendre les mouvements observés par résonnance

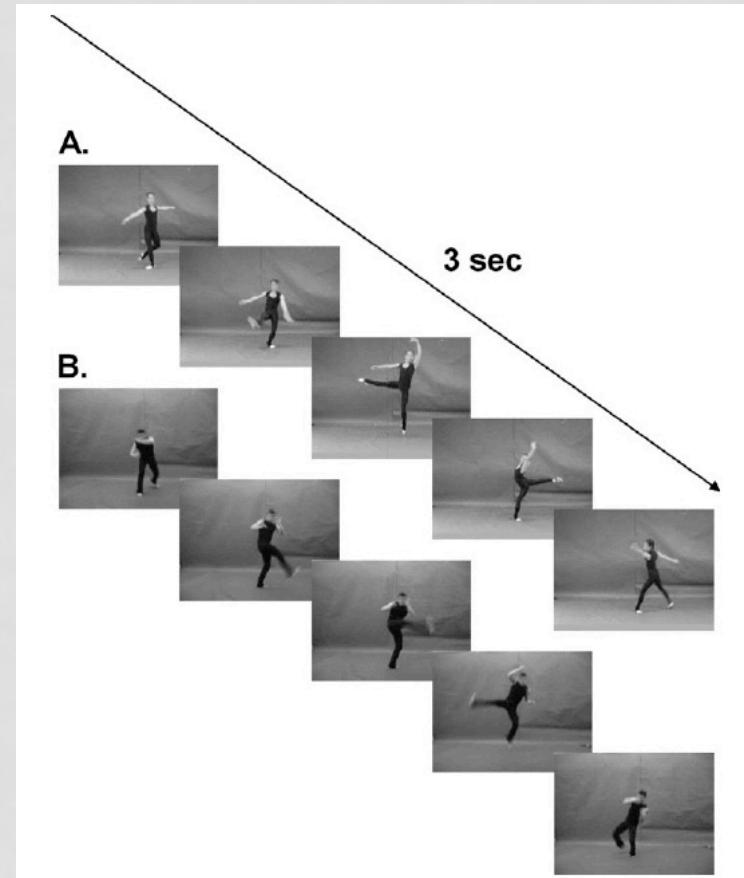
Perception de mouvements de danse: Comparaison experts / naïfs

Comparaison de deux types de danse:

- Danse classique
- Capoeira

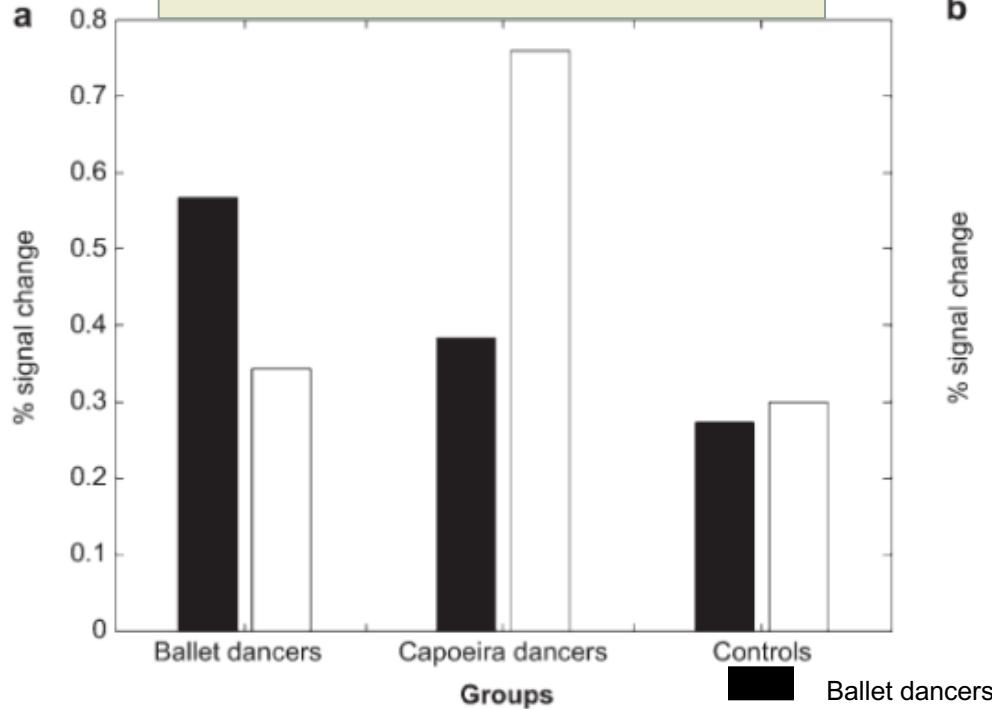
Tâche: estimer la fatigabilité des enchaînements de danse.

Imagerie cérébrale (IRMf)

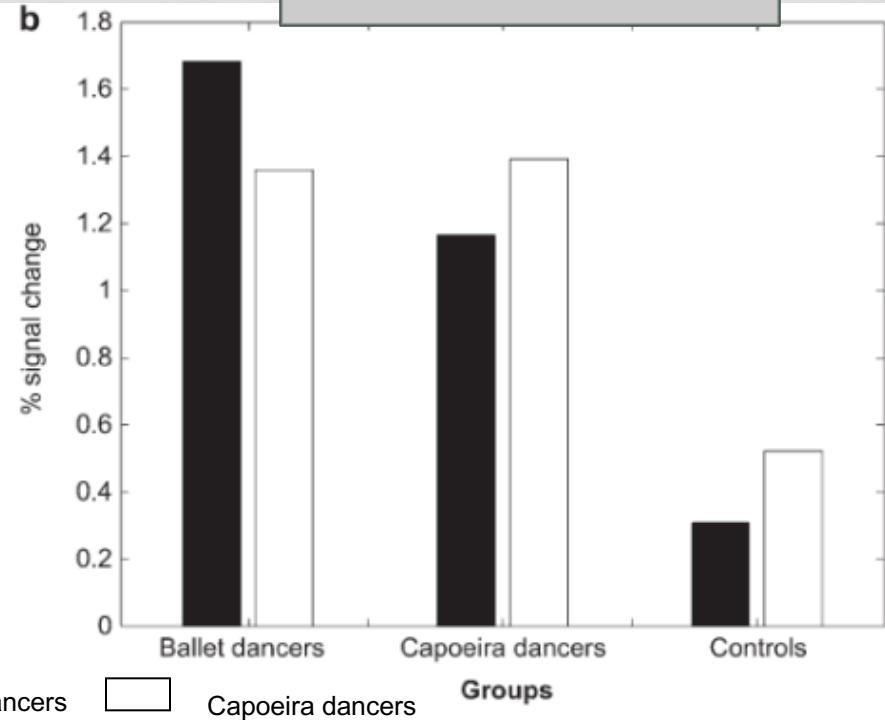


Réponses cérébrales

CORTEX PRÉ-MOTEUR



SILLON INTRA-PARIÉTAL



- - La perception de mouvement humains active les aires motrices
- Cette activation est d'autant plus importante quand la vidéo perçue correspond à la pratique motrice

Simulation internalisée

(*Cerveau social, Jeannerod 1995*)

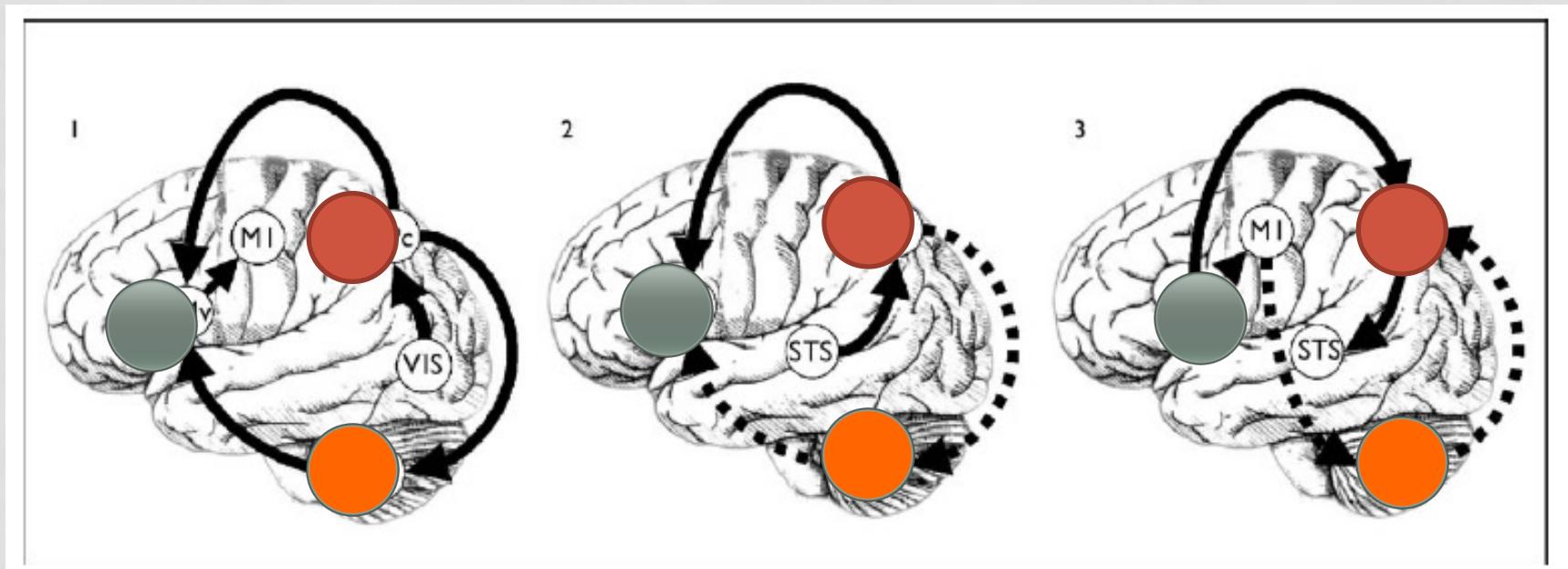
- Système cerveau/corps: modélise les interactions avec le monde; base d'une impression de familiarité avec les autres.
- Au moyen d'une simulation internalisée, nous ne voyons pas seulement une action, intention, émotion ou sensation. A côté de la description sensorielle des stimuli sociaux observés, des *représentations internes* des états corporels associés à ces actions émotions et sensations sont évoqués chez l'observateur, « comme si » il exécutait la même action, expérimentait la même émotion ou sensation.

Functional equivalence between producing, imagining and observing

Action production

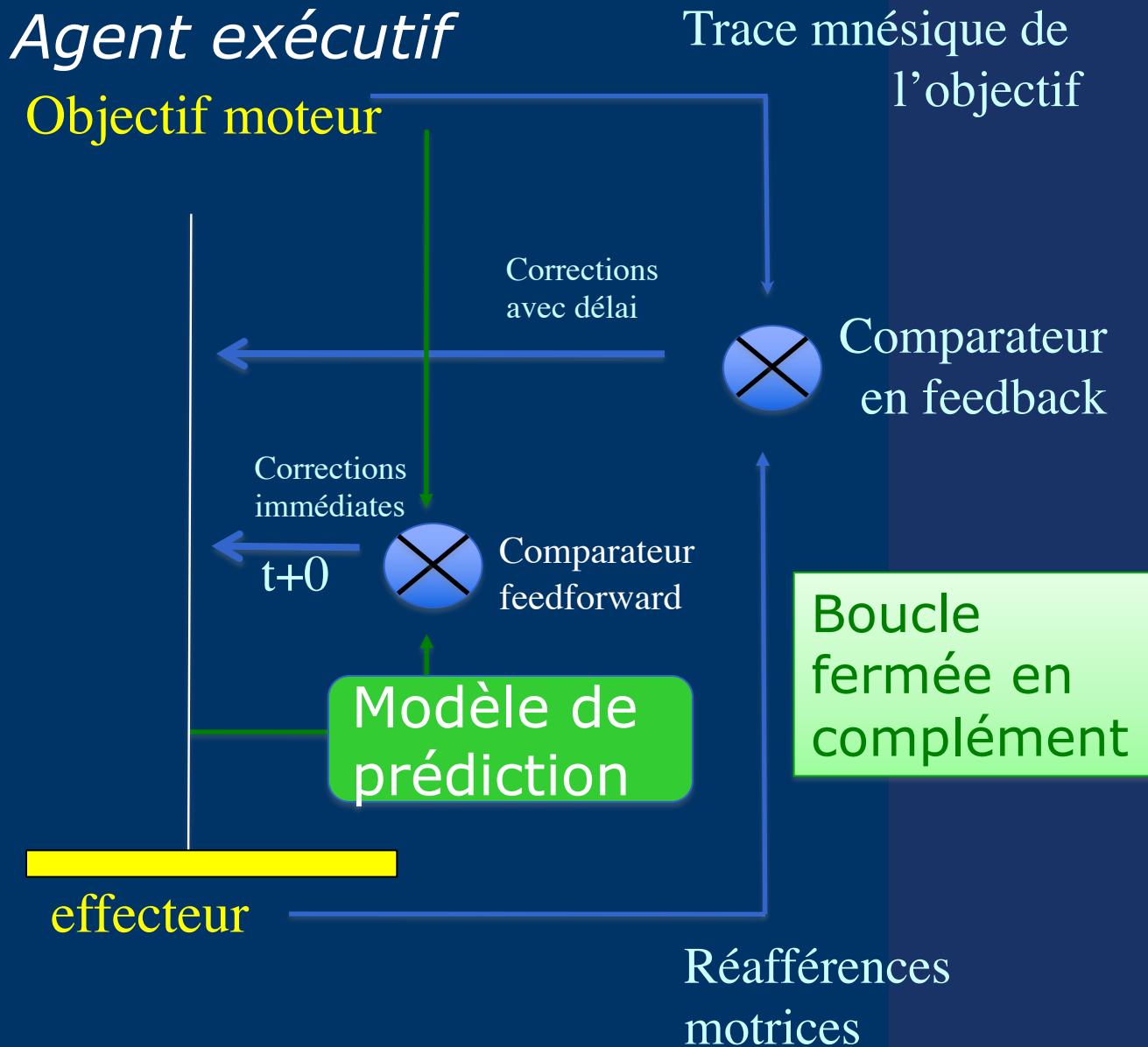
Action observation

Action simulation



The predictive brain

Les boucles de contrôle



Questions pour vos révisions

- Faites le diagramme correspondant à l'acte d'imaginer une rotation mentale pour décider si deux figures géométriques sont identiques.
- Décrivez comment ce type de système pourrait permettre de faire un lancé de fléchette.
- Donnez deux activités motrices de la vie quotidienne pour lesquelles ce type de contrôle serait la meilleure (attention endogène)