

Cours Magistral Perception et Action dans les APSA

Aurore MEUGNOT – MCF

aurore.meugnot@universite-paris-saclay.fr

RAPPEL CM1

Introduction : ≠ APSA...

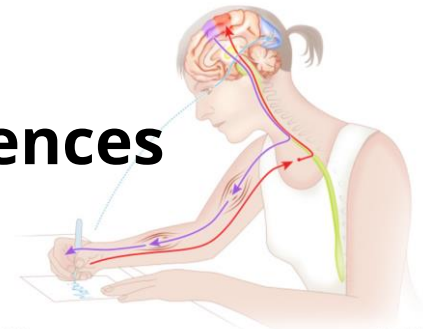
Comment l'être humain **perçoit** et **agit** dans le contexte des **APSA** ?

- Perspective de la **psychologie expérimentale**



**2 'visions' : approches
'cognitive' et 'écologique'**

- Ponctuellement, éclairage des **neurosciences**



RAPPEL CM1

Introduction : Un peu d'histoire...

Les théories cognitives vs. écologiques :

Des **connaissances** stockées
en **mémoire** déclenchent

Les actions sont les
réponses d'un système à

≠ types d'APSA : une question d'habiletés motrices...
...quels types d'habiletés motrices pourraient être mieux expliqués par l'une ou l'autre approche ?

estimer et choisir les actions possibles.

disponible et exploitable permettant une perception immédiate des



Présentation de l'enseignement

Plan du cours : Perception et Action dans les APSA

- **Introduction** (CM1):
 - Différents types d'APSA : une question d'habiletés motrices
 - Différentes approches théoriques : un peu d'histoire
- **Partie 1 – Perception et Action dans les APSAs :**
 - Rappel neurophysiologique : de la sensation à la perception (CM2)
 - L'approche cognitive (CM3&4)
 - L'approche écologique (CM5&6)
- **Partie 2 – Action et Cognition :**
 - Attention et APSA (CM7)
 - Mémoire et APSA (CM8)
 - Emotions et APSA (CM9)

- CM 3 & 4 -

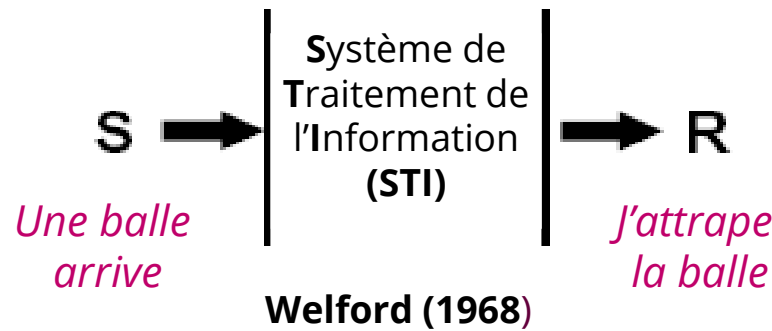
Perception et Action dans les APSA :
L'approche cognitive

Aurore MEUGNOT

RAPPEL CM1

Introduction : Un peu d'histoire...

- **Le cognitivisme** : l'entrée dans la boîte noire
 - ↳ Etudier la **boite noire** ou **système cognitif**



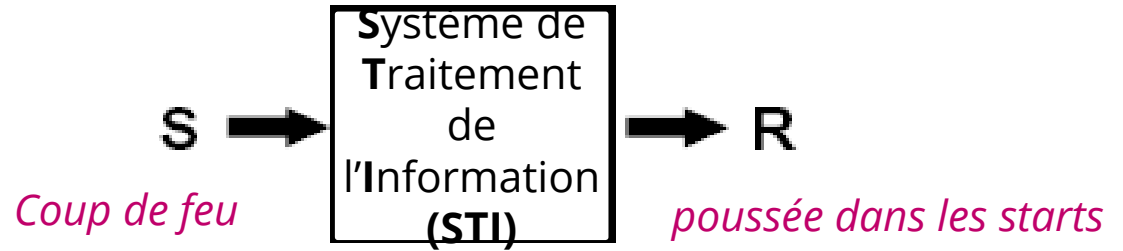
- ✓ Etude des **grandes fonctions mentales** de l'être humain :
la perception, l'action, la mémoire, le raisonnement, le langage, l'apprentissage...

Plan

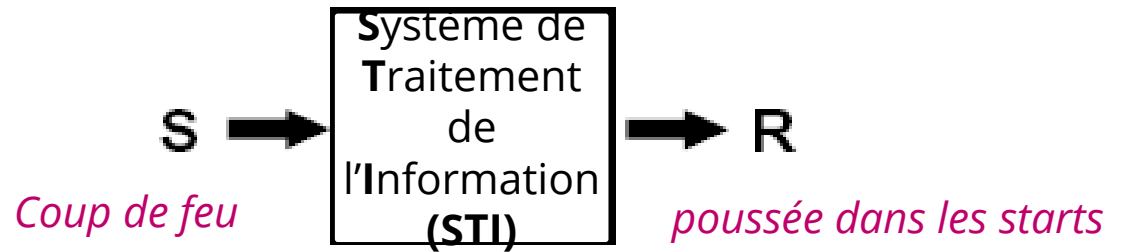
- **Les théories du traitement de l'information (CM3)**
 - Chronométrie mentale et Temps de réaction (TR)
 - Le modèle de Schmidt (1982)
- **La théorie des modèles internes (CM4)**
 - 'Représentation sensorimotrice'
 - 'Connaissances'
 - Contrôle de l'action et 'Modèles internes'

Les théories du traitement de l'information

Les théories du traitement de l'information

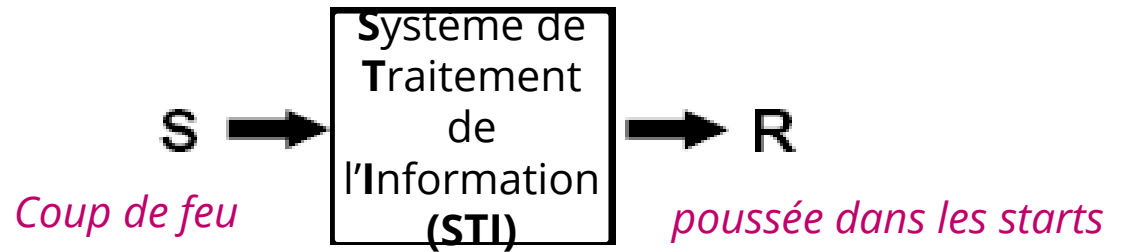


Les théories du traitement de l'information



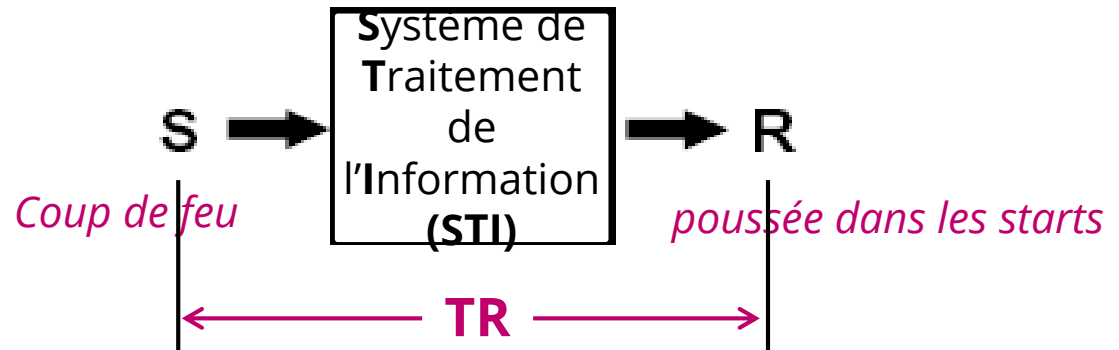
- Les actions sont organisées **centralement** (*en neurosciences on parlera de SNC = cerveau + ME*) qui déclenche, pilote et corrige l'action.
⇒ **'boîte noire' (ou STI)**.

Les théories du traitement de l'information



- Les actions sont organisées **centralement** (*en neurosciences on parlera de SNC = cerveau + ME*) qui déclenche, pilote et corrige l'action.
⇒ **'boîte noire' (ou STI)**.
- L' enjeu pour les cognitivistes est de comprendre les processus cognitifs (ou opérations mentales) qui se déroulent à l'intérieur de la boîte noire.

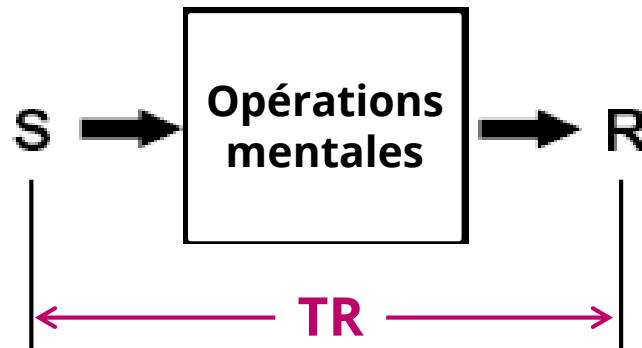
Les théories du traitement de l'information



- Les actions sont organisées **centralement** (*en neurosciences on parlera de SNC = cerveau + ME*) qui déclenche, pilote et corrige l'action.
⇒ **'boîte noire' (ou STI)**.
- L' enjeu pour les cognitivistes est de comprendre les processus cognitifs (ou opérations mentales) qui se déroulent à l'intérieur de la boîte noire.
- La **chronométrie mentale** : une méthode de mesure de la durée des opérations mentales du STI **avec comme principal indice = le TR !**

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)

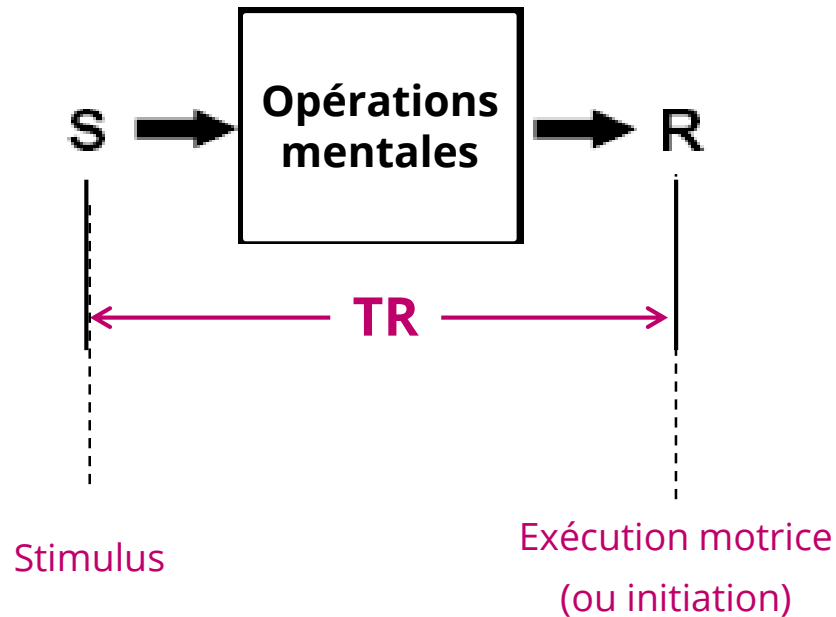


Temps de Réaction (TR) =

Délai entre l'apparition d'un signal et le début de la réponse (motrice)... qui correspond au temps mis pour réaliser l'ensemble des opérations mentales liées à la perception, au choix et à l'élaboration de l'action.

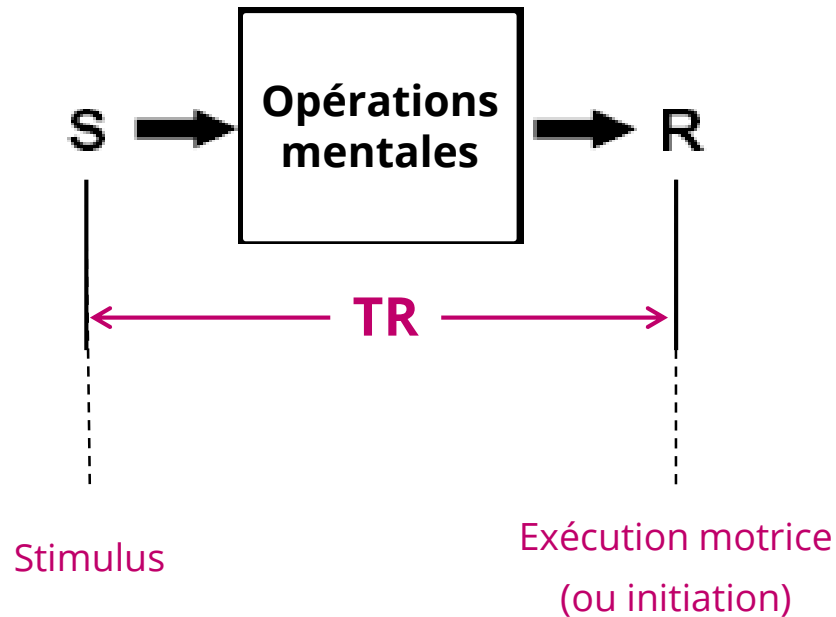
Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



Les théories du traitement de l'information

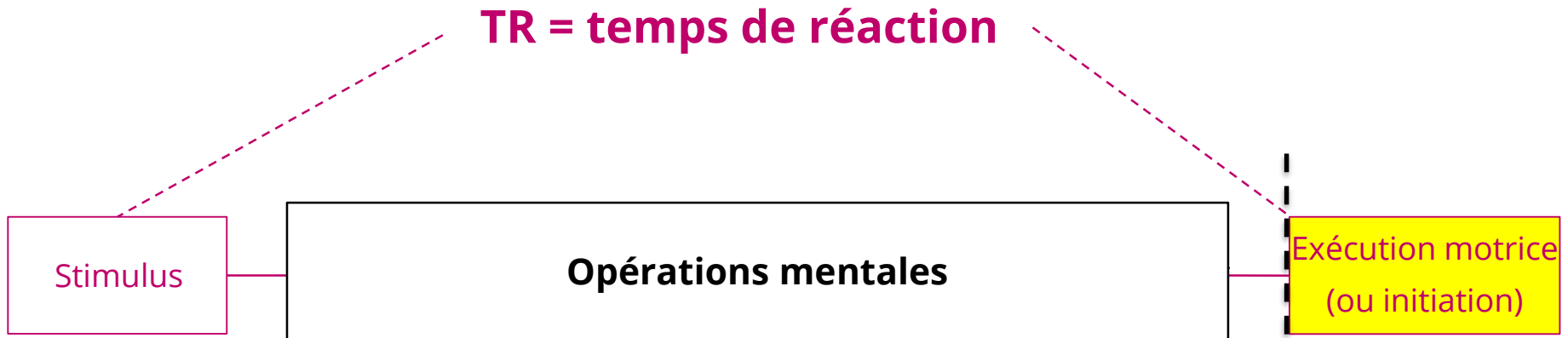
Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



**On dit aussi :
Temps de Réponse !**

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



=> Début du mouvement = initiation

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et ~~Temps de Réaction~~ (TR)

Temps de réponse

TR = temps de réaction



=> FIN du mouvement = exécution !

Les théories du traitement de l'information

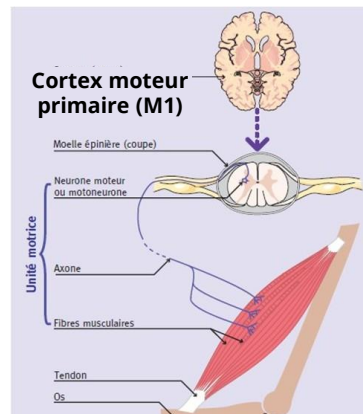
Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



Ex : départ en sprint

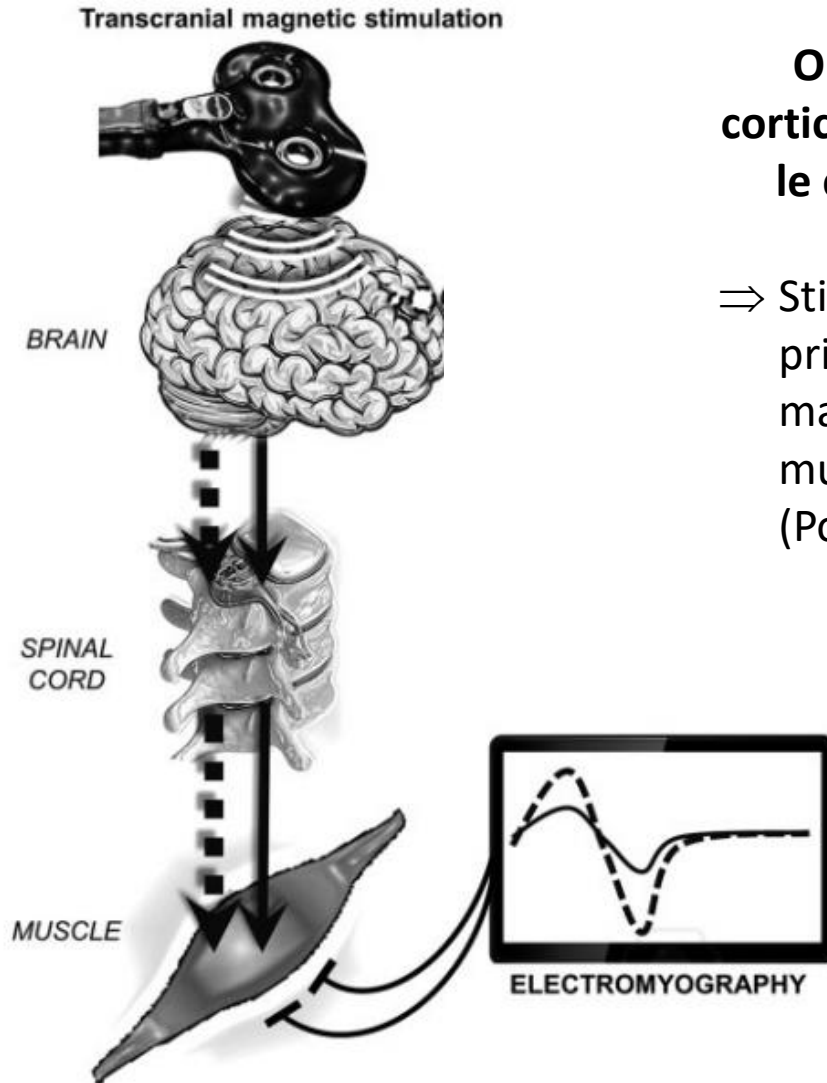


Poussée starts



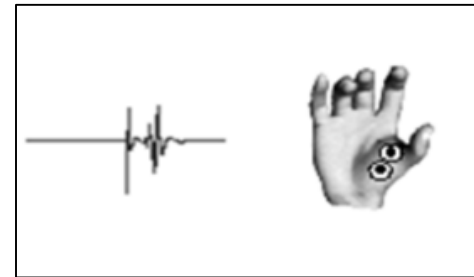
↪ **Exécution motrice** : trajet du message nerveux (cerveau à muscles) + mise en action des effecteurs

Stimulation magnétique transcrânienne :

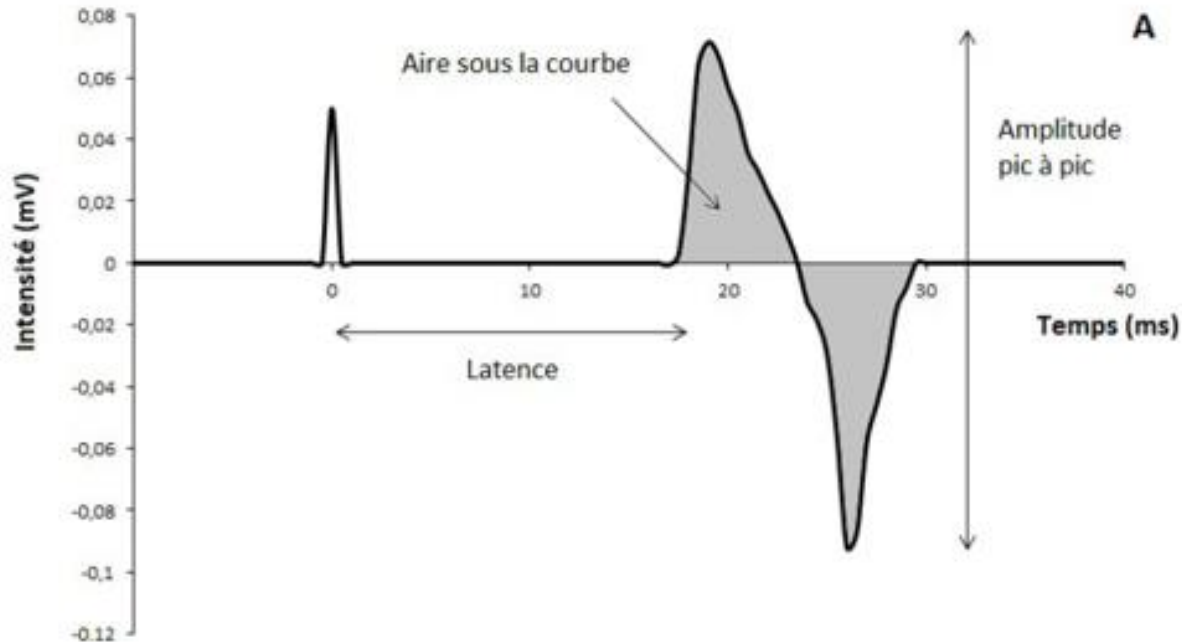


Outil pour mesurer l'intégrité des voies cortico-spinales (= trajet de la commande entre le cortex moteur primaire et les muscles)

⇒ Stimulation de la zone du cortex moteur primaire (M1) qui contrôle les muscles de la main -> enregistrement de la contraction musculaire provoquée au niveau de la main (Potentiel évoqué Moteur)



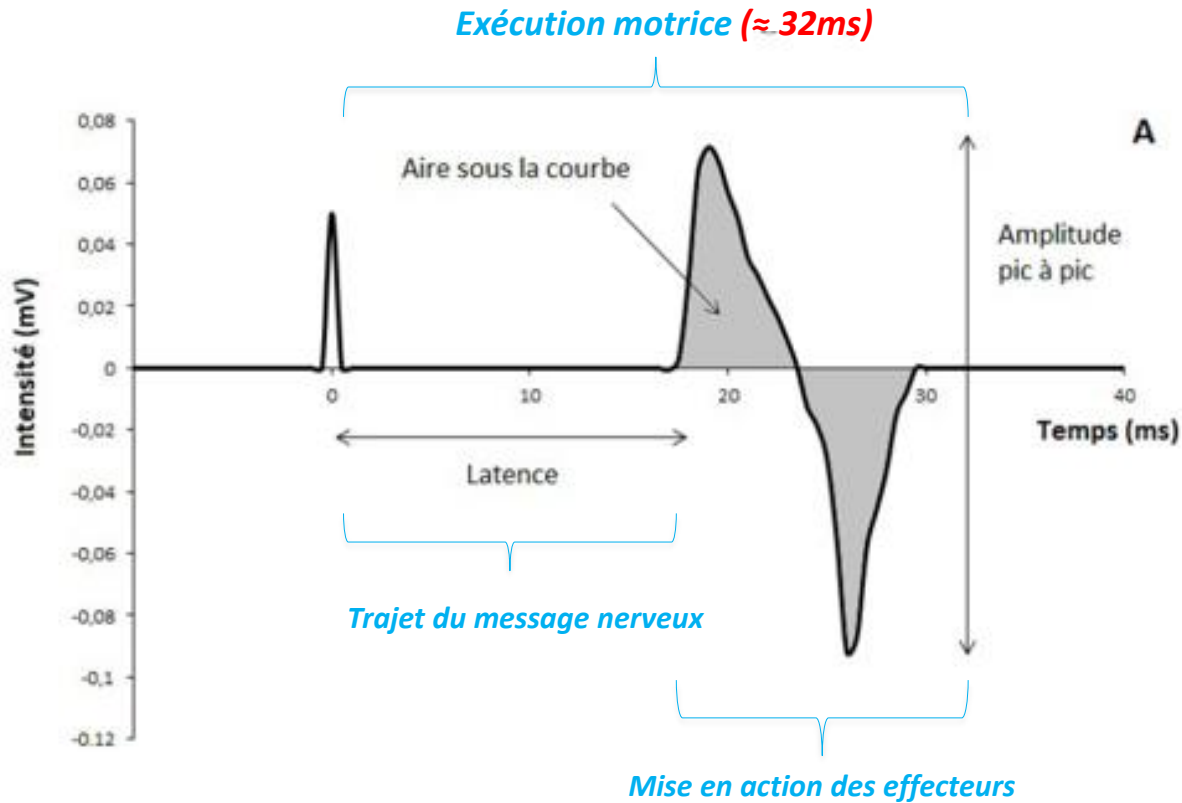
Stimulation magnétique transcrânienne :



⇒ Variables mesurées :

- amplitude de la réponse du muscle = niveau d'excitabilité de la voie cortico-motrice
- latence de la réponse = vitesse de conduction de la commande motrice

Stimulation magnétique transcranienne :

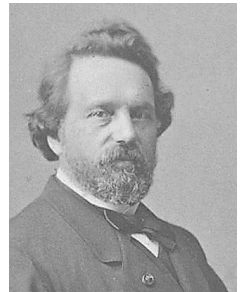
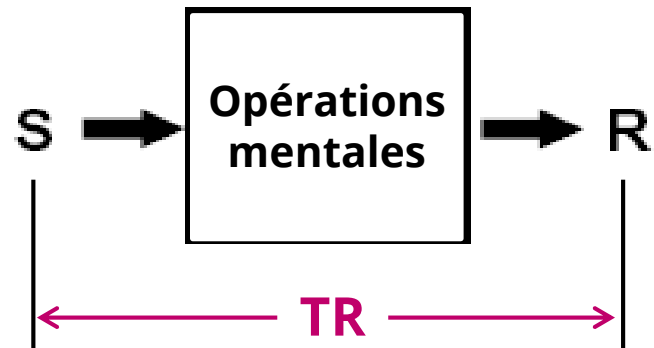


⇒ Variables mesurées :

- amplitude de la réponse du muscle = niveau d'excitabilité de la voie cortico-motrice
- latence de la réponse = vitesse de conduction de la commande motrice

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode soustractive



F.C. Donders

La **méthode soustractive** (Donders, 1868) :

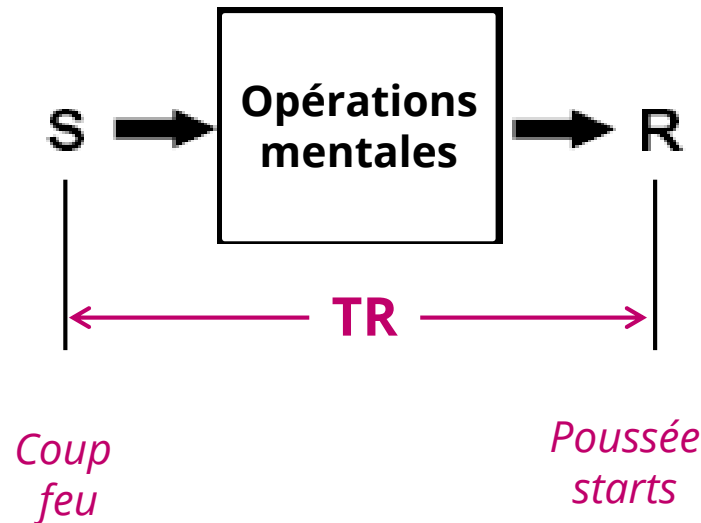
Mesurer la durée des opérations mentales élémentaires

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode soustractive



Ex : départ en sprint



F.C. Donders

La **méthode soustractive** (Donders, 1868) :

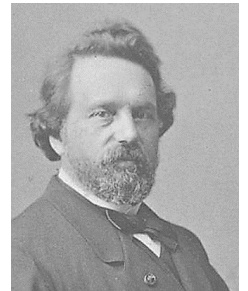
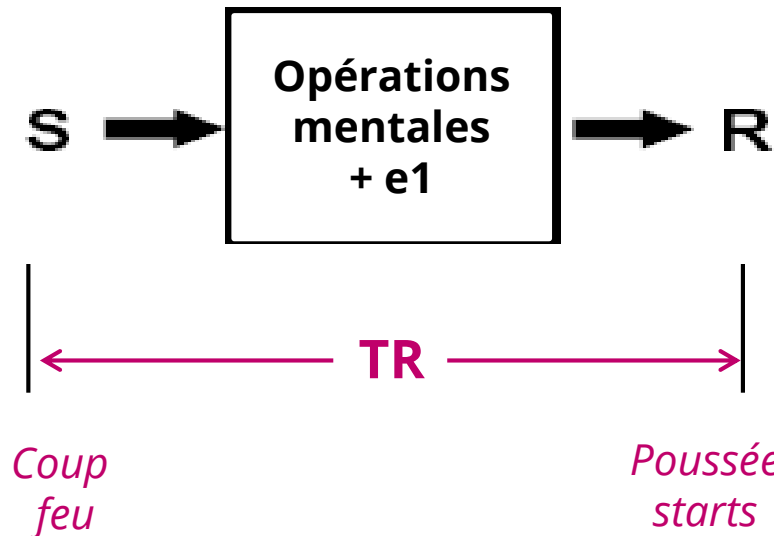
Mesurer la durée des opérations mentales élémentaires

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode soustractive



Ex : départ en sprint



F.C. Donders

La **méthode soustractive** (Donders, 1868) :

Mesurer la durée des opérations mentales élémentaires :

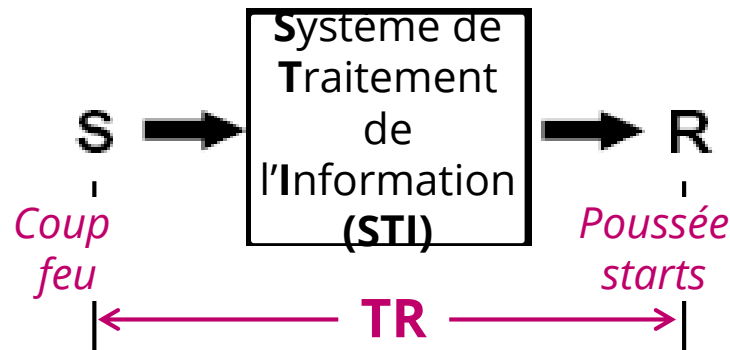
$$e1 = TR1 - TR0$$

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode des facteurs additifs



Ex : départ en sprint



La **méthode des facteurs additifs** (Sternberg, 1969) : Identifier les étapes de traitement et décrire leur organisation

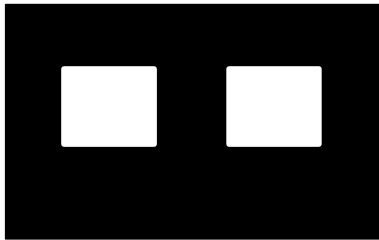


S. Sternberg

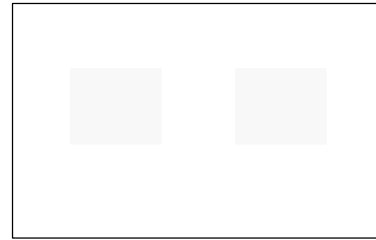
Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode des facteurs additifs

Signal de haute qualité (HQ)



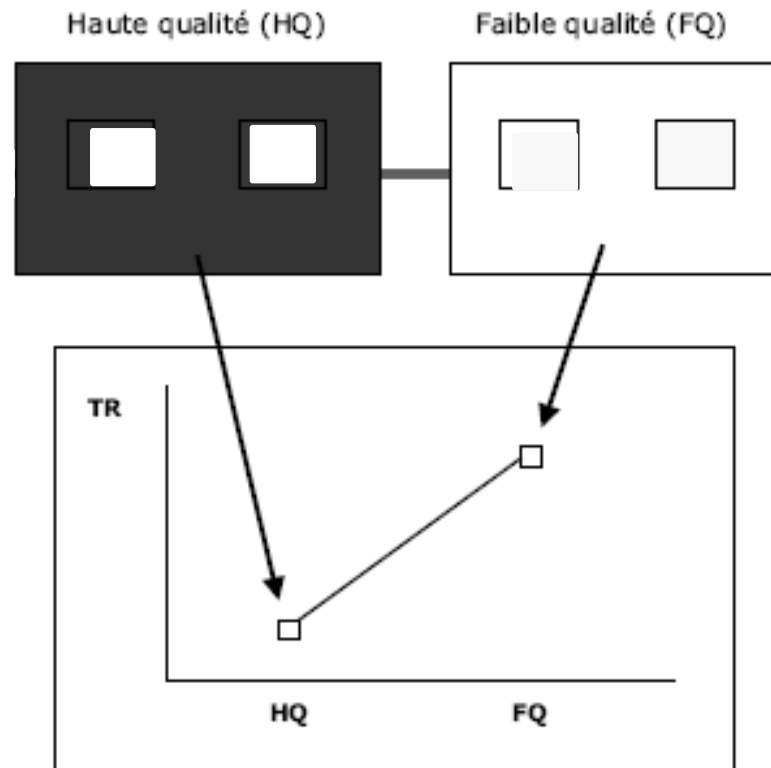
Signal de faible qualité (FQ)



S. Sternberg

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode des facteurs additifs

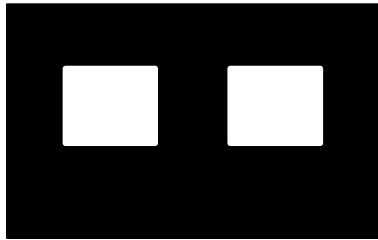


S. Sternberg

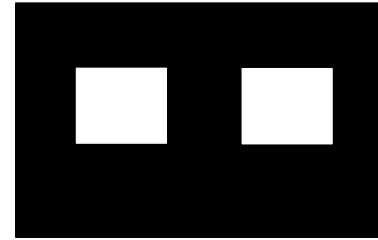
Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale : La méthode des facteurs additifs

Tâche compatible (C)



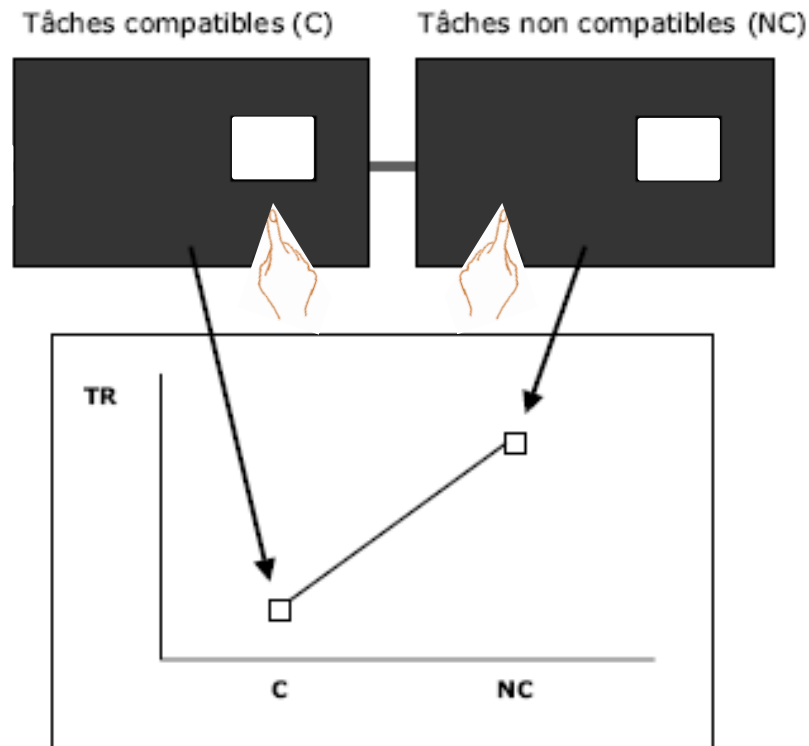
Tâche non compatible (NC)



S. Sternberg

Les théories du traitement de l'information

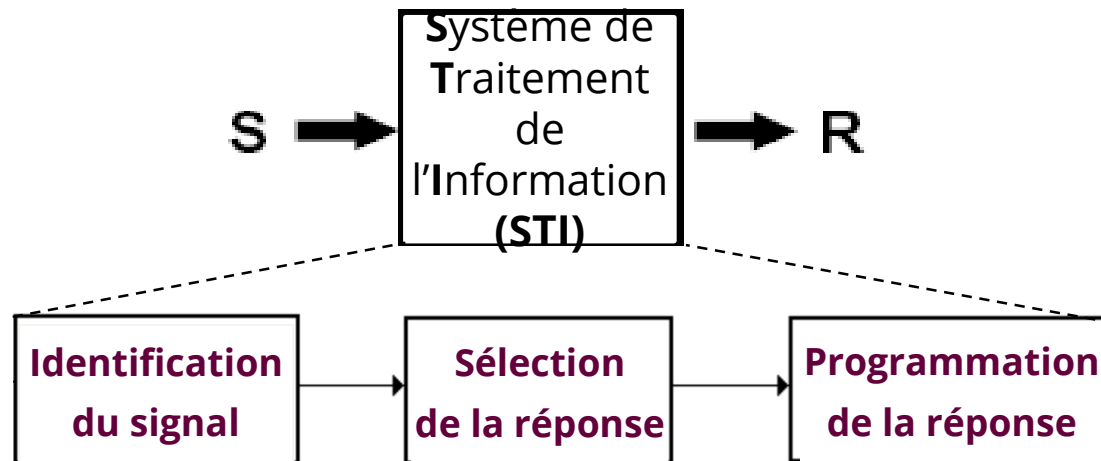
Chronométrie mentale : La méthode des facteurs additifs



S. Sternberg

Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



Modèle de Schmidt (1982)



Famose (1990), Temprado (1994)

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)



'la boîte noire' (STI)

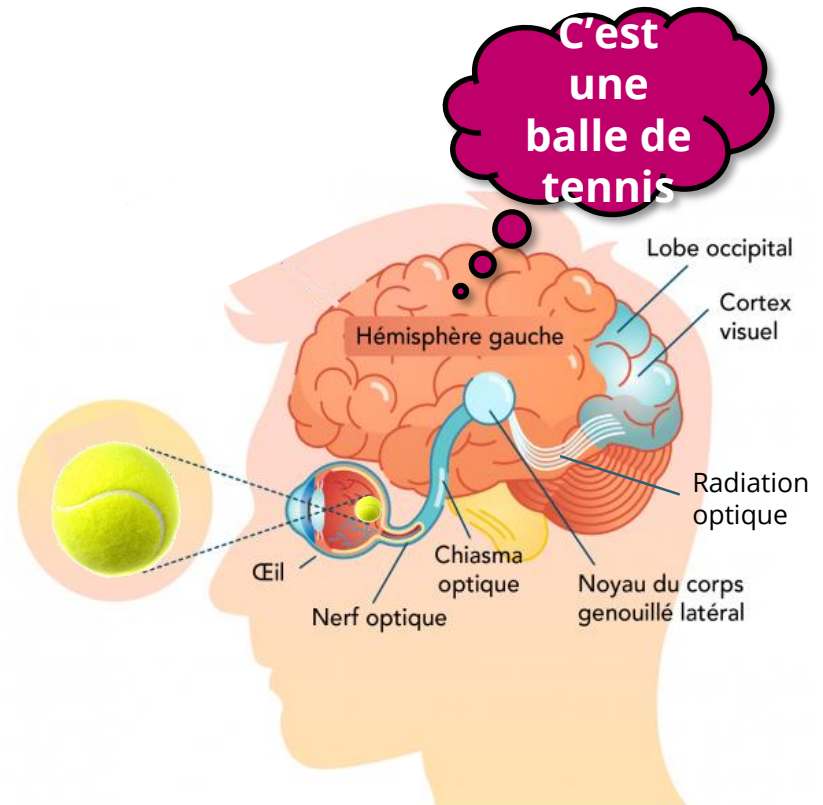
Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



↪ **Identification du signal : Recueil**
⇒ *temps de conduction sensorielle*
et **traitement** de l'information
sensorielle ⇒ *donner du sens*



Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)



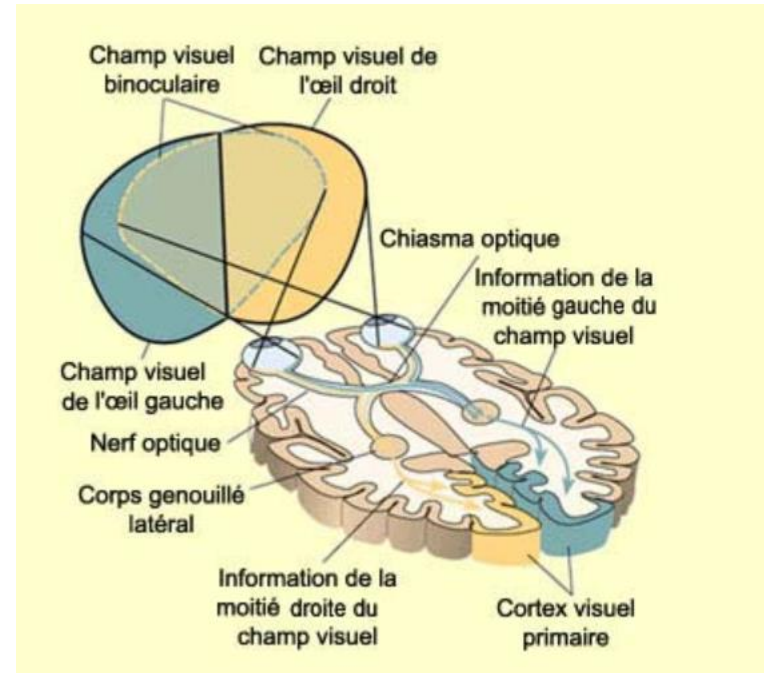
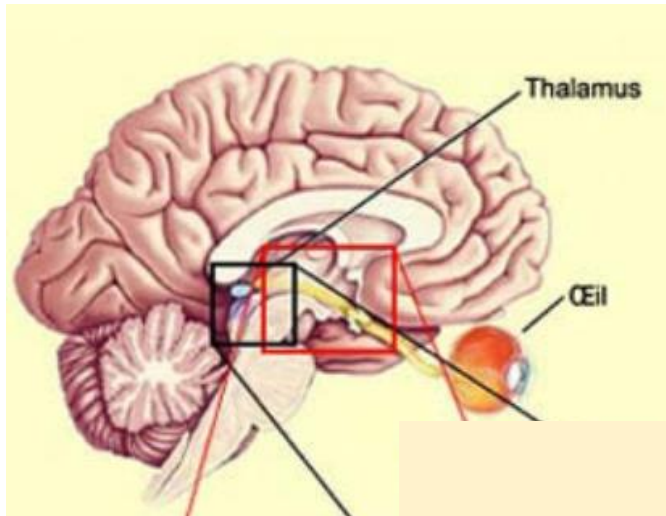
↪ **La conduction sensorielle** : Trajet du message nerveux des récepteurs sensoriels au cerveau.

RAPPEL CM2

Rappel neurophysiologique

La vision

- De la rétine au cortex visuel.

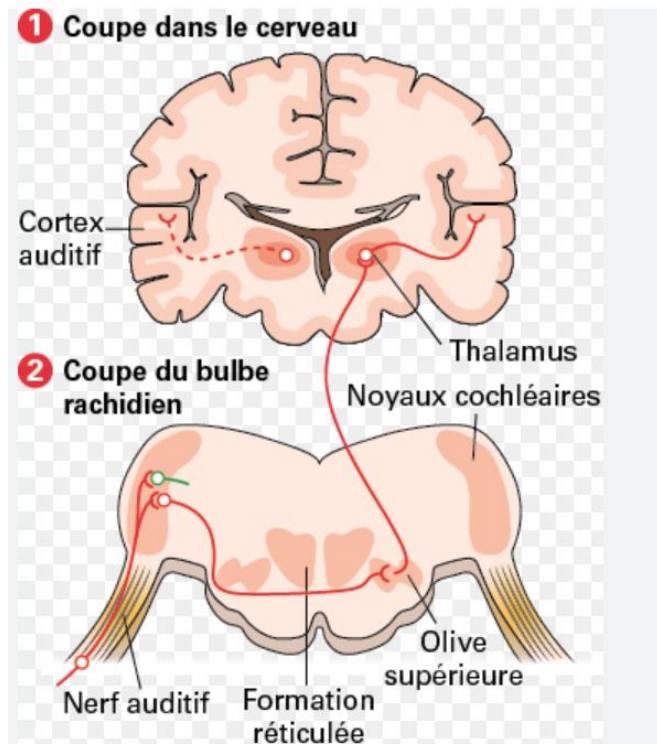


RAPPEL CM2

Rappel neurophysiologique

L'audition

- De l'oreille au cortex auditif (lobe temporal).



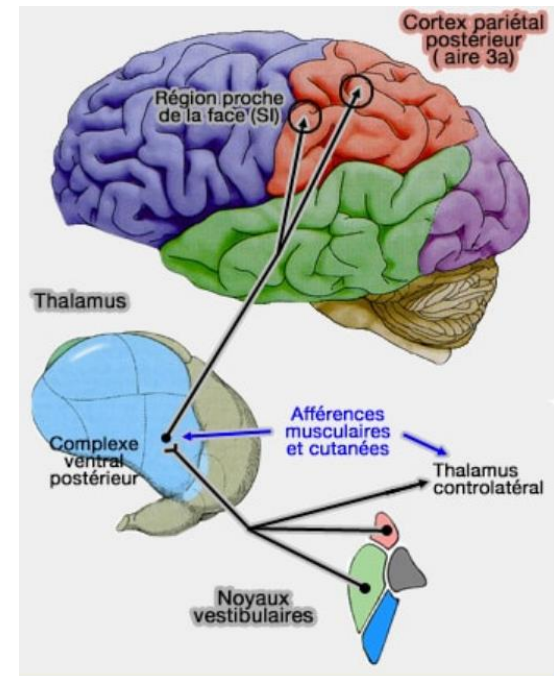
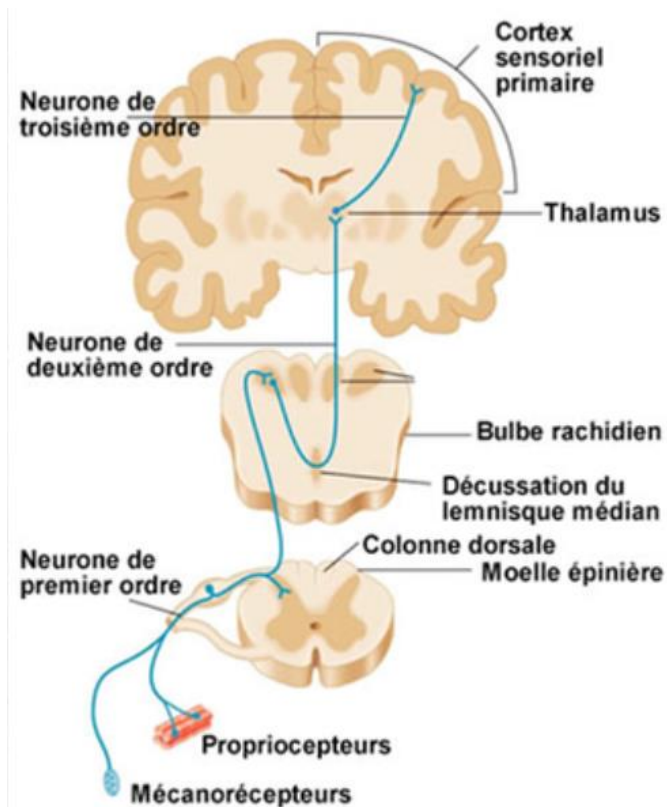
RAPPEL CM2

Rappel neurophysiologique

Toucher et Proprioception

- Du corps ...vers le cortex somatosensoriel primaire (S1)

(Lobe pariétal)



Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)

TR

Conduction
sensorielle

↪ **La vitesse de conduction sensorielle** varie en fonction :

- du canal sensoriel sollicité
- de la myélinisation des fibres nerveuses :
 - fibres amyéliniques : 2,3 m/s
 - fibres myélinisées : 120 m/s

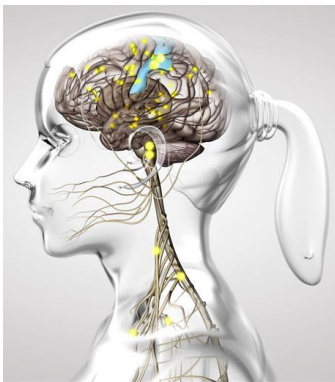


Les théories du traitement de l'information

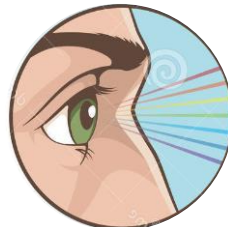
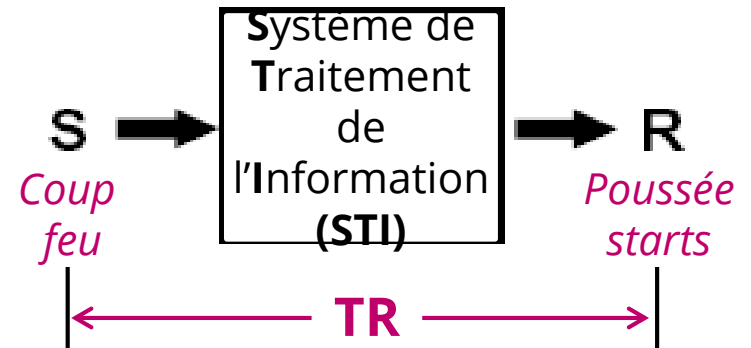
Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)

TR

Conduction
sensorielle



Ex : départ en sprint



3ème



2ème



1er

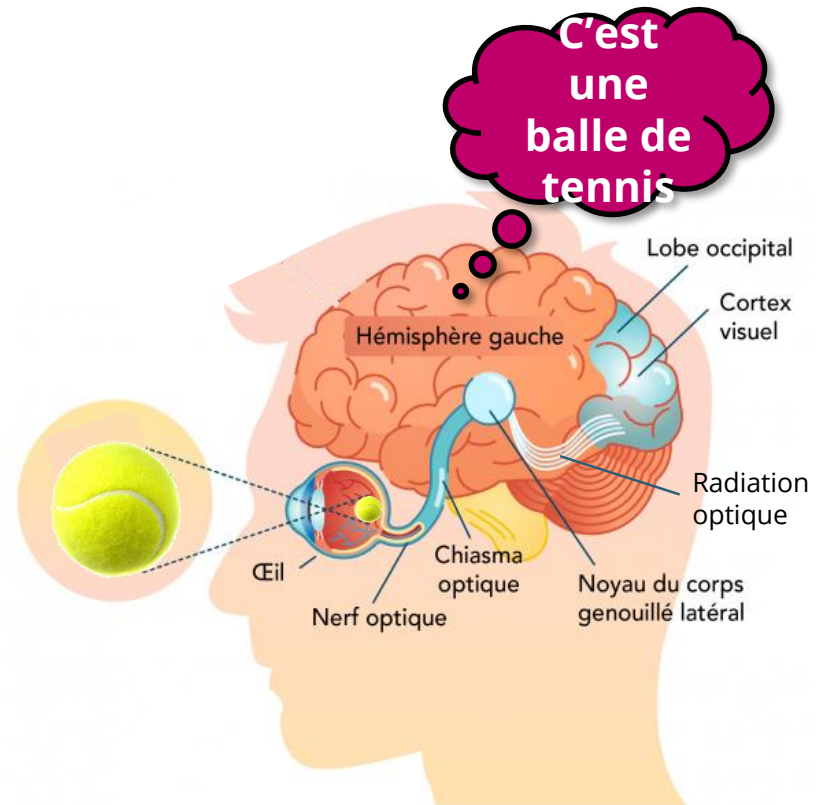
Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



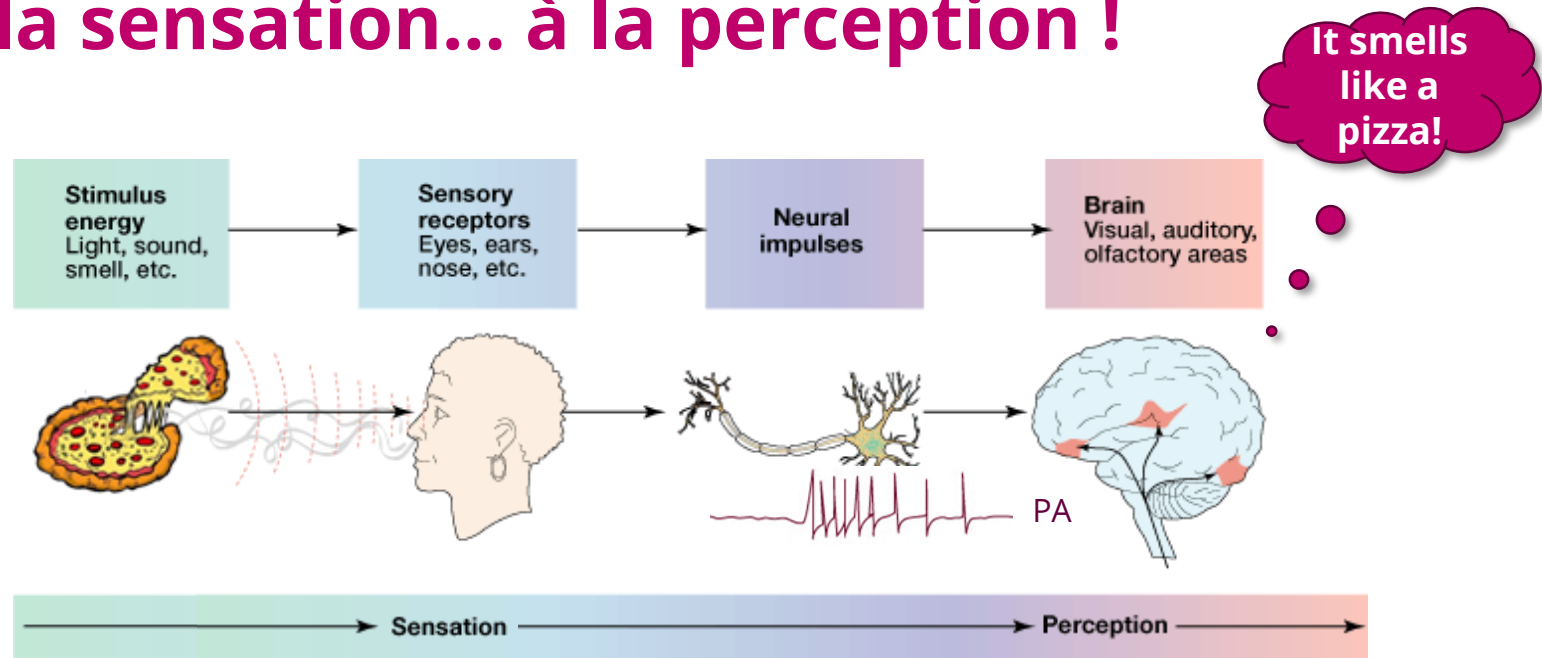
↪ **Identification du signal : Recueil**
⇒ *temps de conduction sensorielle*
et **traitement** de l'information
sensorielle ⇒ *donner du sens*



RAPPEL CM2

Rappel neurophysiologique

De la sensation... à la perception !



La perception :

- **Intégration, organisation et interprétation** du message sensoriel
- **Donne du sens** aux informations de l'environnement
- **Dépend du but de l'action** et de « l'état » de l'individu.

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



↪ **Identification du signal : Recueil**
⇒ *temps de conduction sensorielle*
et **traitement** de l'information
sensorielle ⇒ *donner du sens*



Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)

Identification
du signal

↪ **Identification du signal : Recueil**
⇒ *temps de conduction sensorielle*
et **traitement** de l'information
sensorielle ⇒ *donner du sens*



Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)

Identification
du signal

↪ **Identification du signal : Recueil**
⇒ *temps de conduction sensorielle*
et **traitement** de l'information
sensorielle ⇒ *donner du sens*



Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



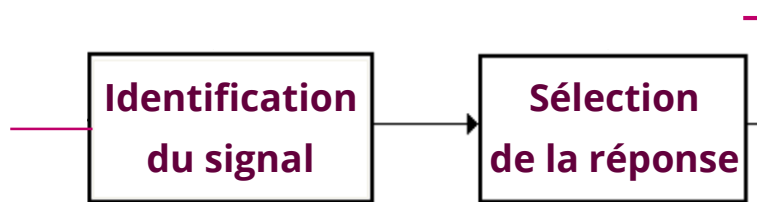
↪ **Sélection de la réponse** : choisir la réponse appropriée en fonction des informations récoltées.



Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



↪ **Sélection de la réponse** : choisir la réponse appropriée en fonction des informations récoltées.

Les théories du traitement de l'information

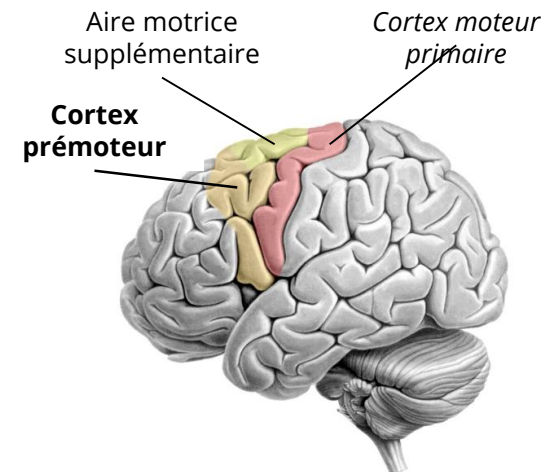
Modèle de Schmidt (1982)

Système de Traitement de l'Information (STI)



↪ **Programmation de la réponse :**

Organiser/paramétrer la
réponse motrice



Les théories du traitement de l'information

Chronométrie mentale et Temps de Réaction (TR)

En neurosciences : 2000's
Travaux de S. Thorpe et al.

- ✓ chez le singe
- ✓ Tâche de catégorisation rapide (*Est-ce un animal ?*)



Temps de réaction (TR)

Exécution de l'action

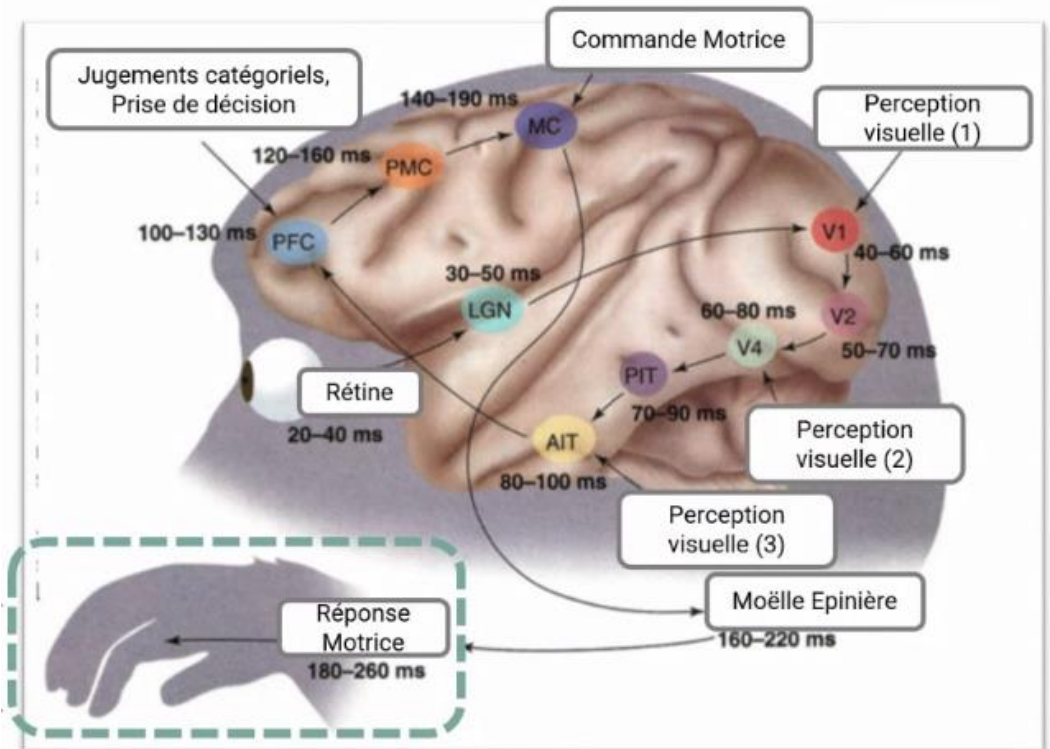


Illustration de Thorpe & Fabre-Thorpe, 2001

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

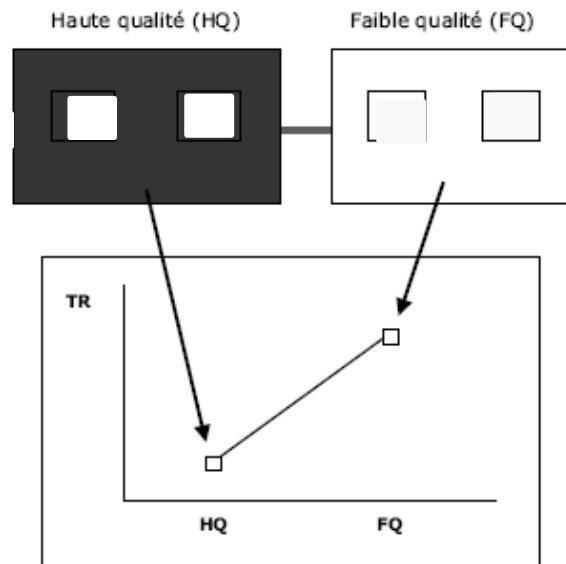
↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**



S. Sternberg

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

- ↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :
- De la **qualité du signal**

Maillots de couleurs distinctes pour différencier les ADVERSAIRES et PARTENAIRES.

Aménagement du terrain : plots de même couleur, etc..

=> Faciliter la prise d'information

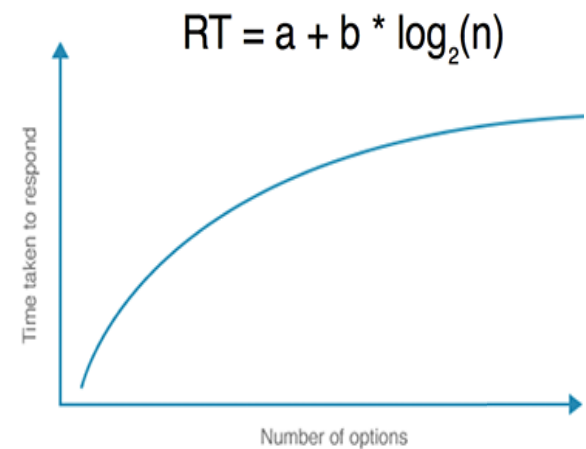
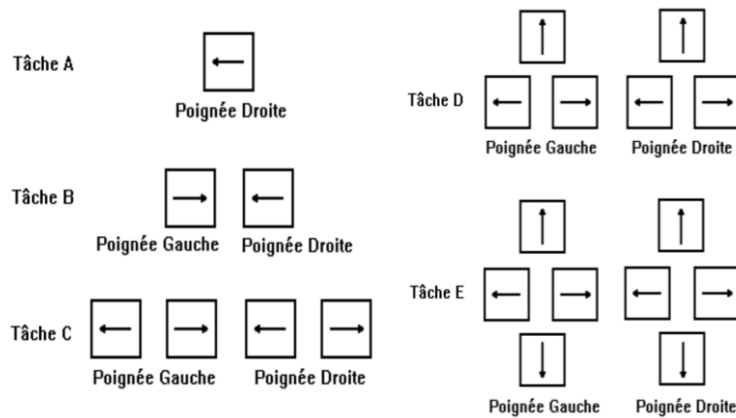
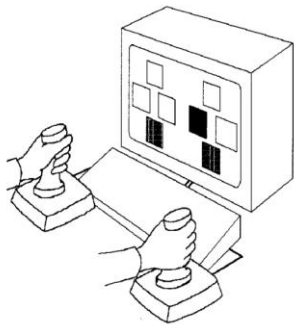


Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**



Hick (1952) et Hyman (1953)

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**

Aménagement des règles de jeu selon les capacités des joueurs (débutant, enfant, personne âgées, handicap, etc..)

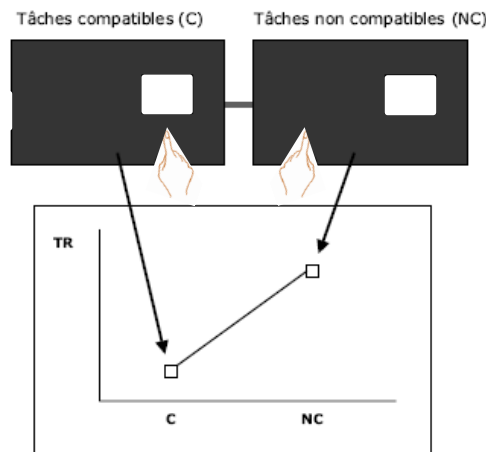


Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**
- De la **compatibilité stimulus-réponse**



S. Sternberg

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**
- De la **compatibilité stimulus-réponse**

=> Variables à exploiter pour faire varier une situation d'apprentissage !

Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**
- De la **compatibilité stimulus-réponse**
- Du/des **segments corporels mis en jeu**



Les théories du traitement de l'information

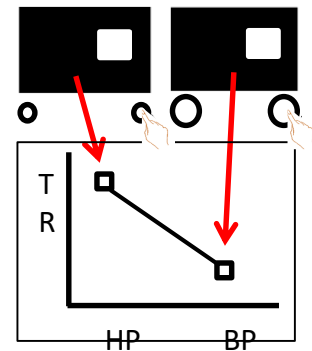
Modèle de Schmidt (1982)

↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**
- De la **compatibilité stimulus-réponse**
- Du/des **segments corporels mis en jeu ET de la précision requise**



Haute Précision (HP) Basse Précision (BP)



Les théories du traitement de l'information

Modèle de Schmidt (1982)

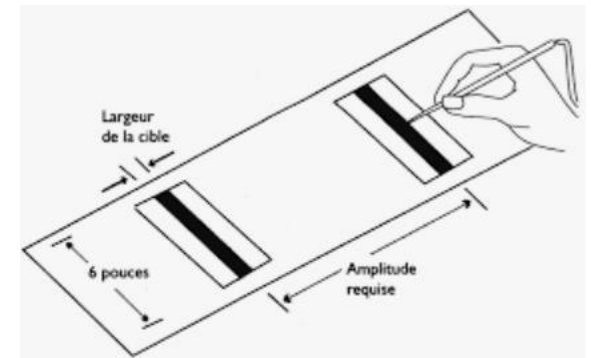
↪ La durée des stades (et donc du TR !) varie en fonction :

- De la **qualité du signal**
- De la **quantité d'information**
- De la **compatibilité stimulus-réponse**
- Du/des **segments corporels mis en jeu ET de la précision requise**

La Loi de Fitts

$$T = a + b \log_2(A/W + 1)$$

=> **Notion de conflit vitesse/précision**





⇒ **Difficile d'être précis quand je suis sous pression temporelle....**
....notamment si je suis loin de ma cible !

Les théories du traitement de l'information

En résumé...

Les théories du traitement de l'information

En résumé...

- Des théories intéressantes qui permettent notamment d'expliquer le délai entre l'apparition d'un signal et la mise en action (le TR !)

=> connaissances utiles pour expliquer certains comportements dans les APSAs...tant au niveau recherche que sur le terrain !

Les théories du traitement de l'information

En résumé...

- Des théories intéressantes qui permettent notamment d'expliquer le délai entre l'apparition d'un signal et la mise en action (le TR !)

=> connaissances utiles pour expliquer certains comportements dans les APSAs...tant au niveau recherche que sur le terrain !

Différentes mesures (TR, Temps de mouvement, vitesse du mouvement, nombres d'erreurs dans une tâche ...) => autant de mesures qui reflètent des processus mentaux (pas que !) ..et qui permettent **d'évaluer l'habileté motrice !**

Les théories du traitement de l'information

En résumé...

- Mais des modèles ...
 - qui excluent la capacité d'anticipation du sportif (**sur la base de ses connaissances/'représentations' stockées en mémoire**).
 - et n'expliquent pas le **contrôle de l'action**.
- ⇒ **d'autres travaux qui vont plus loin pour comprendre la boîte noire...**

La théorie des modèles internes

- Résultat recherche TCHAT GPT (à refaire pour voir si même chose...)
- Retirer la partie sur 'connaissances' => intégrer au CM3 car porte sur la prise d'information.
- Et centrer le discours sur modèle interne (parler des données expé pour en démontrer l'existence + données neuronales)
- Début tchat gpt pas mal pour introduire la théorie des modèles internes.

La théorie des modèles internes

- Les actions sont organisées **centralement (par le SNC)** à l'intérieur de « **programmes moteurs** » => **représentation sensorimotrice.**

La théorie des modèles internes

- « représentation sensorimotrice » ?

La théorie des modèles internes

- « représentation sensorimotrice » ?

= représentation 'mentale' de l'action

Issue des processus de planification (choix de l'action) et de programmation (définir les paramètres de l'action).

'programme moteur', 'schéma moteur'

La théorie des modèles internes

- « représentation sensorimotrice » ?

Construite à partir **d'informations** :

- **motrices** : paramètres cinématiques
(trajectoire dans l'espace et le temps) et
dynamiques (muscles, force requise,...)

- **sensorielles** : conséquences sensorielles
associées au mouvement

(infos visuelles : on voit notre bras se
déplacer, on visualise la cible, etc.)



La théorie des modèles internes

- Les actions sont organisées **centralement (par le SNC)** à l'intérieur de « **programmes moteurs** » => **représentation sensorimotrice.**
- Avec l'expérience, le SNC mémorise des informations sur la biomécanique du corps, les propriétés du monde physique et leurs interactions. => **connaissances.**

La théorie des modèles internes

- Connaissances ?

La théorie des modèles internes

- Connaissances ?

Petite expérience !

- Présentation de photos (situations de jeu en foot)
- Objectif : décider la meilleure action du PB entre :
 - (1) passer
 - (2) garder
 - (3) tirer au but

La théorie des modèles internes

- Connaissances ?





a



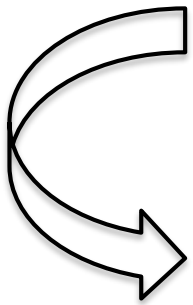




d

Qu'en pensez – vous ?

(par rapport au cours 😊 !)



**Qu'est ce qui vous a permis de
trouver la bonne réponse ?**

Savelsbergh et al., 2002

Journal of Sports Sciences, 2002, 20, 279–287

Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers

GEERT J.P. SAVELSBERGH,^{1,2*} A. MARK WILLIAMS,³ JOHN VAN DER KAMP¹
and PAUL WARD³

○ Protocole expérimental

- **Participants : 14 joueurs de foot**
 - **Groupe expert** N= 7 (30 ans \pm 7 ans) : joueur semi-pro (seconde division de la ligue nationale au pays-bas)
 - **Groupe 'novices'** N= 7 (21 ans \pm 2 ans) : sport de loisir

○ Protocole expérimental

- **Participants : 14 joueurs de foot**
 - **Groupe expert** N= 7 (30 ans \pm 7 ans) : joueur semi-pro (seconde division de la ligue nationale au pays-bas)
 - **Groupe 'novices'** N= 7 (21 ans \pm 2 ans) : sport de loisir
- **Tâche : 'jeu' d'arrêt des tirs de pénalty**
 - Matériel produit en collaboration avec le club de Foot d'Eindhoven
 - Films montrant 10 joueurs professionnels (19 ans \pm 1,5 ans) en train de tirer un pénalty
 - Caméra : au milieu des cages, à 1m77 de hauteur => point de vue du gardien

○ Tâche : Arrêt de tir de pénalty

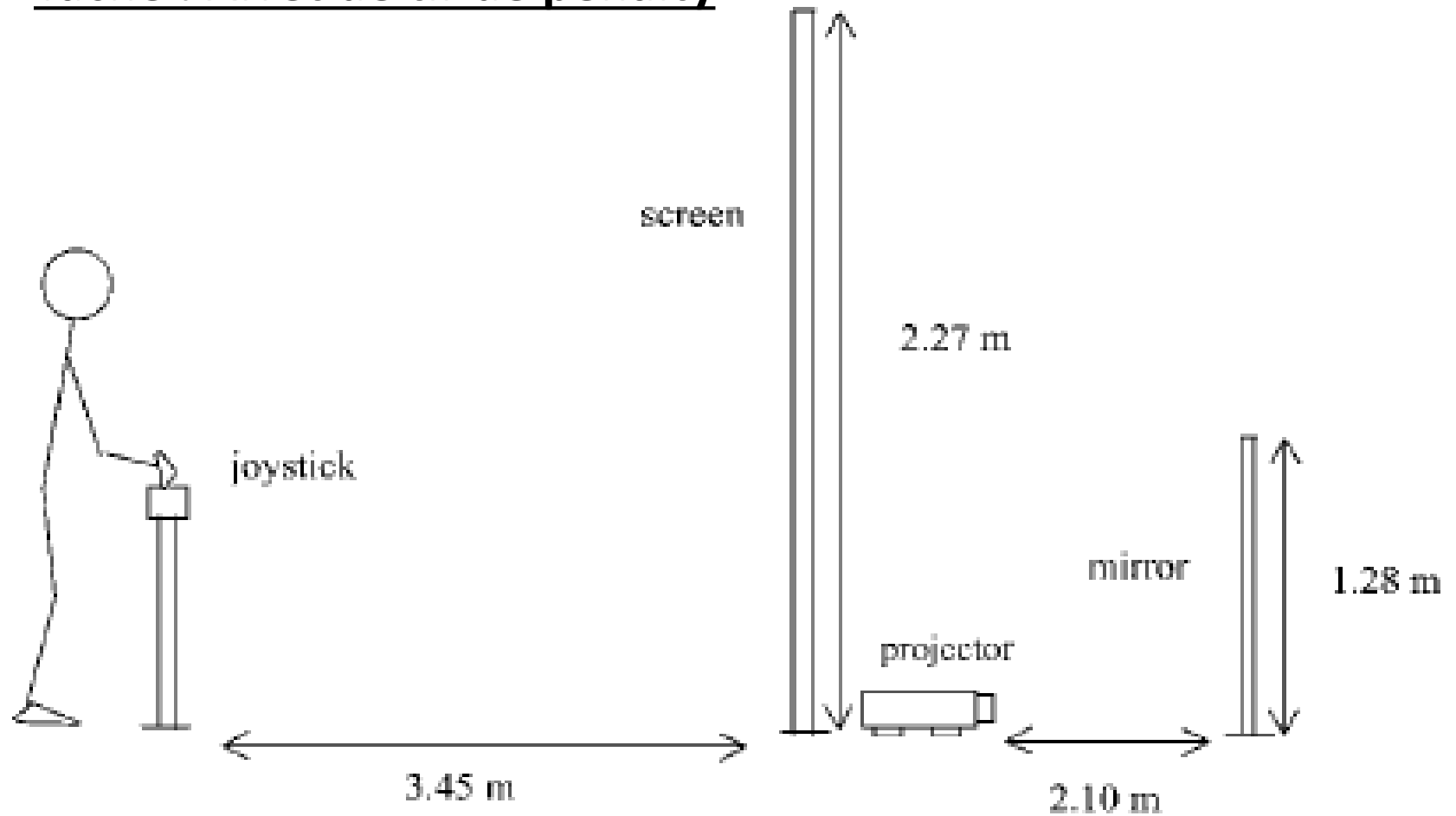


Fig. 2. A side view of the experimental set-up.

○ Tâche : Arrêt de tir de pénalty

+ système oculométrique (eyetracking)
=> enregistrer les déplacements du regard.

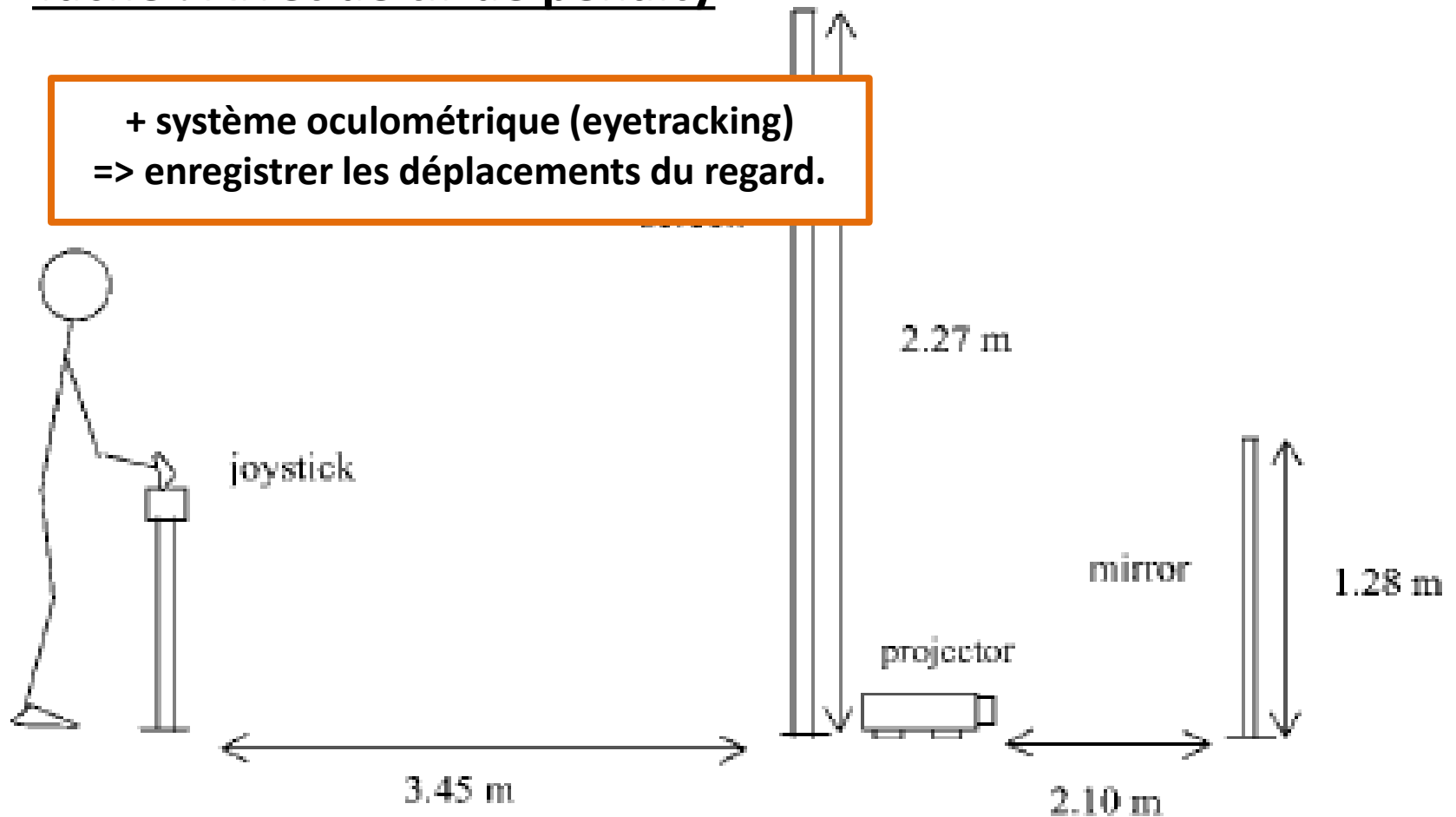
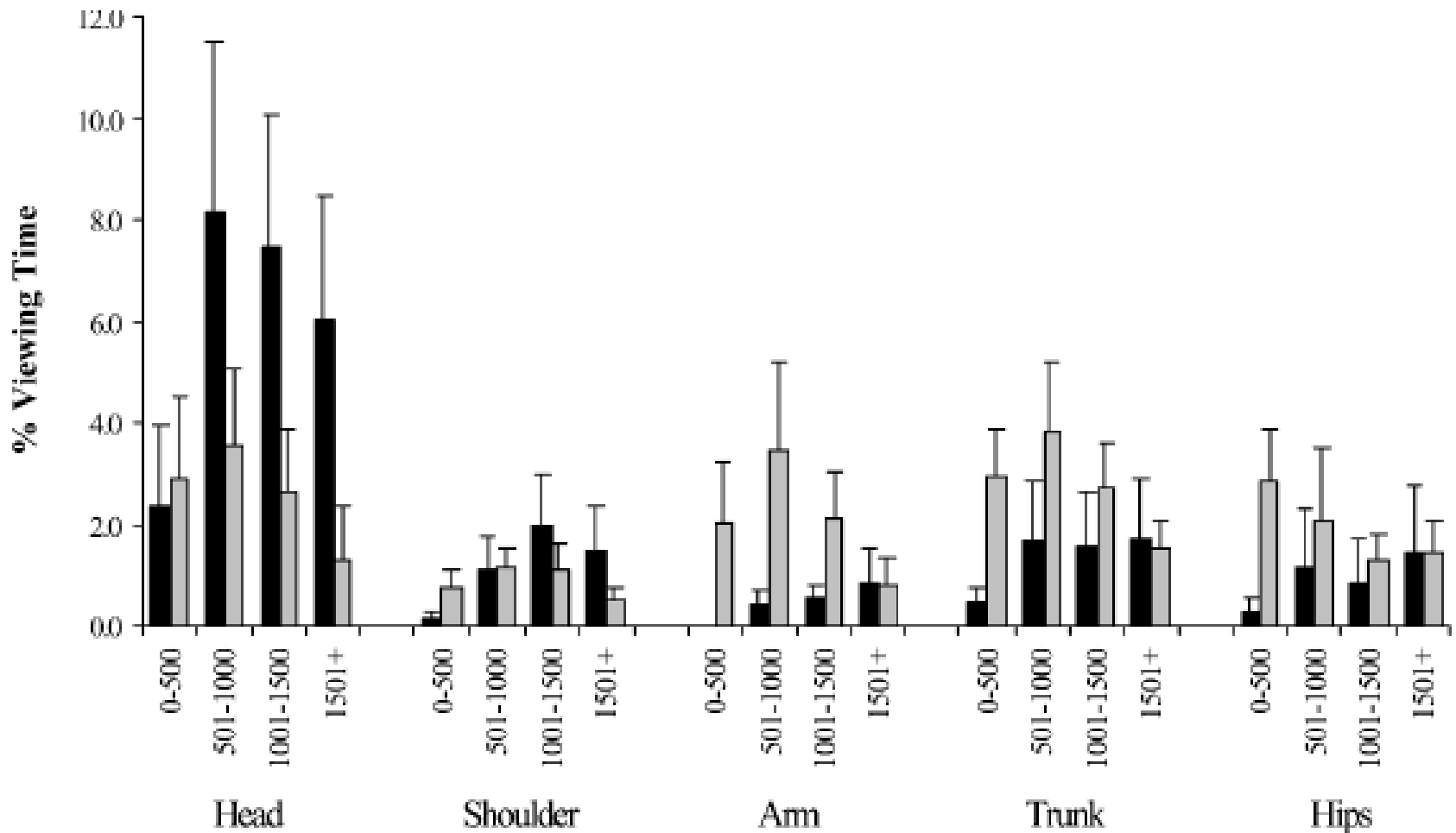


Fig. 2. A side view of the experimental set-up.

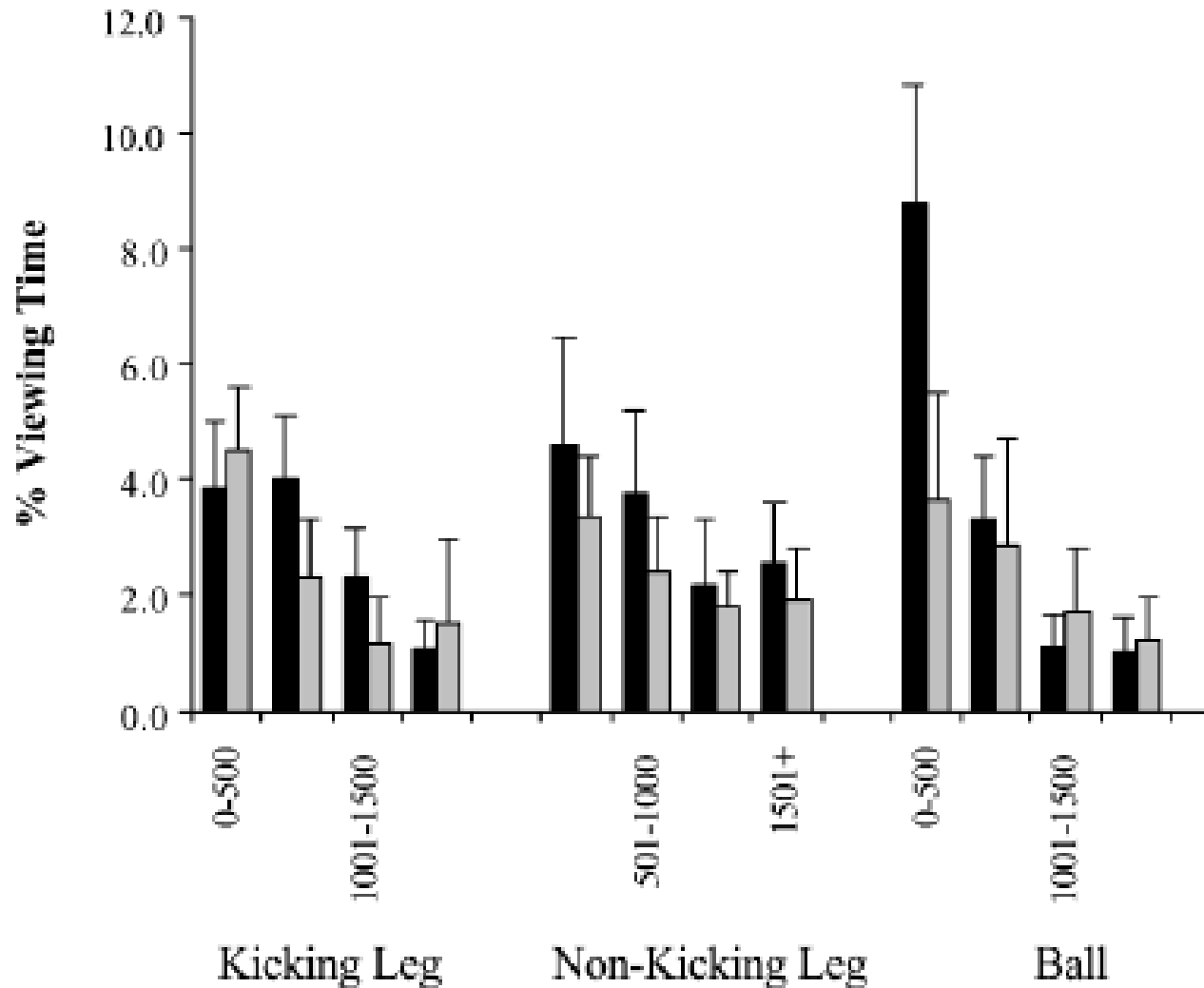
Enregistrement oculaire



- Résultats**



- Résultats



- Résultats

Table 2. Fixation duration, number of fixations and number of fixation locations across groups (mean $\pm s$)

	Experts	Novices
Fixation duration (ms)		
Number of fixation locations		
Number of fixations		

🎯 Interprétation des résultats :

- ✓ Expert scrute l'environnement différemment que le débutant.
- ✓ Regard porté prioritairement sur des zones informatives efficaces (recherche visuelle plus efficace)

🎯 Interprétation des résultats :

- ✓ Expert scrute l'environnement différemment que le débutant.
- ✓ Regard porté prioritairement sur des zones informatives efficaces (recherche visuelle plus efficace)

=> Expert : base de connaissances construite avec l'expérience (l'entraînement) ...



TD6 (Mémoire)

... qui influence sa perception !



TD1 (influence de mon état affectif)

La théorie des modèles internes

- Les actions sont organisées **centralement (par le SNC)** à l'intérieur de « **programmes moteurs** » => **représentation sensorimotrice**.
- Avec l'expérience, le SNC mémorise des informations sur la biomécanique du corps, les propriétés du monde physique et leurs interactions. => **connaissances**.
- À partir de ces connaissances, le SNC choisit **l'action** et calcule **les paramètres** de cette action grâce à des processus appelés '**modèles internes**'.

La théorie des modèles internes

- Les actions sont organisées **centralement (par le SNC)** à l'intérieur de « **programmes moteurs** » => **représentation sensorimotrice**.
- Avec l'expérience, le SNC mémorise des informations sur la biomécanique du corps, les propriétés du monde physique et leurs interactions. => **connaissances**.
- À partir de ces connaissances, le SNC choisit **l'action** et calcule **les paramètres** de cette action grâce à des processus appelés '**modèles internes**'.
- Il est aussi capable de réajuster la commande à partir de ces **modèles internes** et, des **retours (afférences) sensorielles**.

La théorie des modèles internes

- Contrôle de l'action ?

Woodworth, 1899 ; Keele, 1968 ; Schmidt et al., 1979

La théorie des modèles internes

- Contrôle de l'action ?

Woodworth, 1899 ; Keele, 1968 ; Schmidt et al., 1979

Mouvement balistique :

Rapide, sans possibilité de contrôle une fois déclenché.

=> Contrôle en Boucle Ouverte

Mouvement conduit :

Lent, contrôle possible en cours d'exécution via les réafférences sensorielles.

=> Contrôle en Boucle Fermée

La théorie des modèles internes

- Contrôle de l'action ?

Mouvement balistique :



Mouvement conduit :



La théorie des modèles internes

- Mouvements balistique vs. conduit

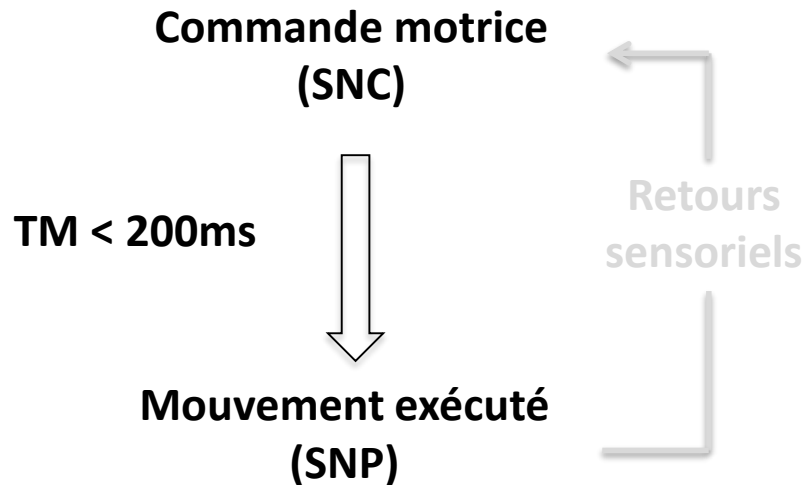
Mouvement balistique :
Contrôle en boucle ouverte

Mouvement conduit :
Contrôle en boucle fermée

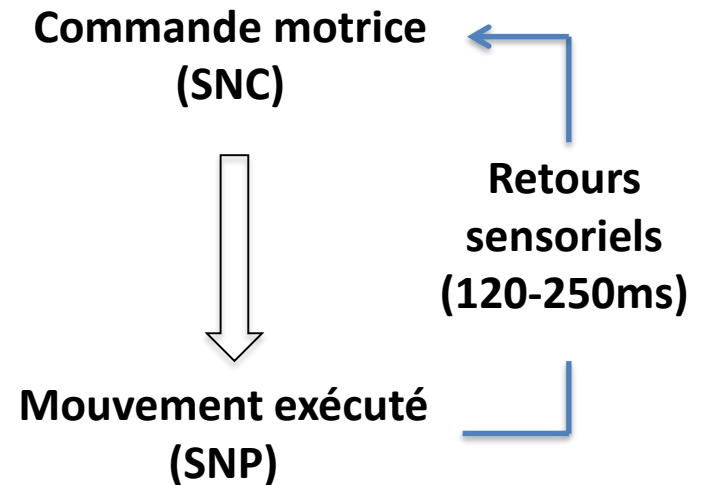
La théorie des modèles internes

- Mouvements balistique vs. conduit

**Mouvement balistique :
Contrôle en boucle ouverte**



**Mouvement conduit :
Contrôle en boucle fermée**



La théorie des modèles internes

- Mouvements balistique vs. conduit

VISION INCOMPLÈTE car ne permet pas d'expliquer :

- le 'bruit' inhérent au système sensorimoteur
- La capacité du système à s'adapter à des perturbations imprévues lors de mouvements rapides (ajustements très précoces possible)

La théorie des modèles internes

- Mouvements balistique vs. conduit

VISION INCOMPLÈTE car ne permet pas d'expliquer :

- le 'bruit' inhérent au système sensorimoteur
- La capacité du système à s'adapter à des perturbations imprévues lors de mouvements rapides (ajustements très précoces possible)

=> d'où l'introduction d'un concept : Les MODÈLES INTERNES

La théorie des modèles internes

- **« Modèles internes » ?**
- **Introduit dès 1910 par Hermann Von Helmholtz (physicien), leur existence fait longtemps débat.**
- **concept 'clé' dans de nombreux travaux autour du contrôle et de l'apprentissage moteur car il permet d'expliquer la planification et les ajustements précoces du système.**

La théorie des modèles internes

- « **Modèles internes** » ?

D'après Wolpert & Gharhamani (2000) :

- **'Modèle'** traduit l'idée que le cerveau reconstruit (modélise) l'interaction des systèmes sensoriels et moteurs, et leur interaction avec le monde physique.
- **'Interne'** car tous ces 'éléments' sont intériorisés par le **SNC** (par ex. : le bébé développe la position debout en intégrant la gravité. Une fois 'intégrée', cette force fait partie du système.).

La théorie des modèles internes

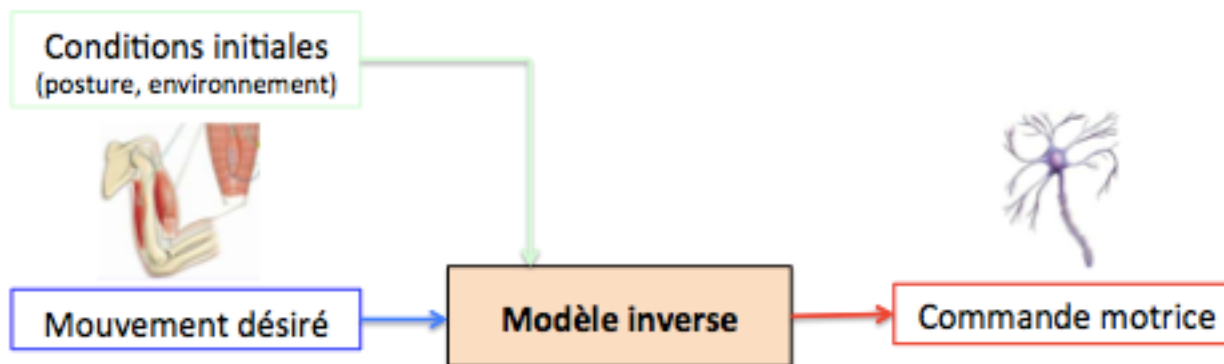
- « Modèles internes » ?
- Deux types de modèle interne :
 - (1) Le modèle inverse => sert à élaborer la commande motrice
 - (2) Le modèle prédictif => permet d'ajuster la commande motrice (contrôle précoce du mouvement)

La théorie des modèles internes

- « Modèles internes » ?

- Deux types de modèle interne :

(1) Le modèle inverse calcule la commande motrice à partir du mvt souhaité et des conditions initiales.



La théorie des modèles internes

- **Le modèle inverse: Shadmehr et Mussa-Ivaldi (1994)**

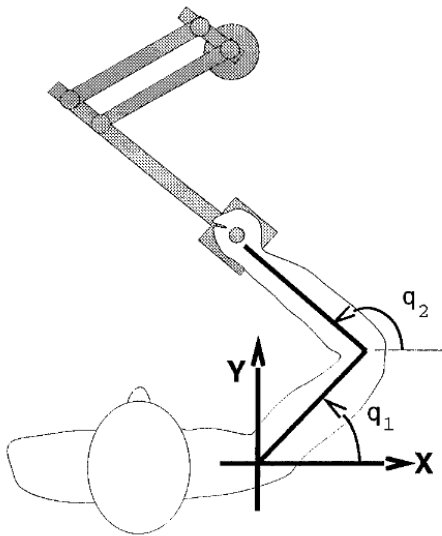


Figure 1. Sketch of the manipulandum and the experimental setup. Planar arm movements were made by the subject while grasping the handle of the manipulandum. A monitor, placed directly in front of the subject and above the manipulandum (not shown), displayed the location of the handle as well as targets of reaching movements. The manipulandum had two torque motors at its base that allowed for production of a desired force field.

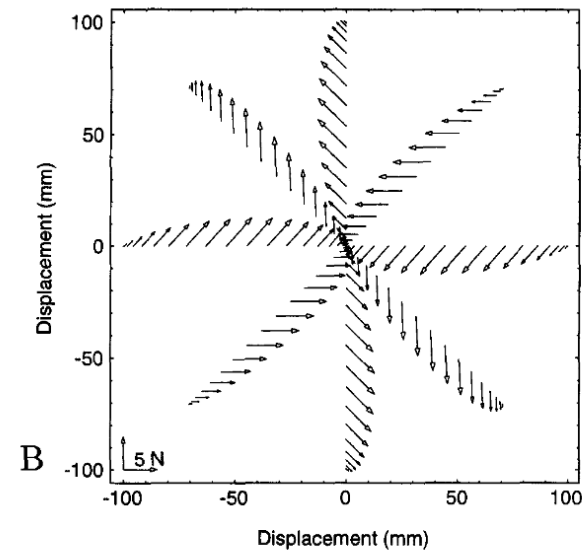


Figure 3. An environment as described by the force field in Equation 1. *A*, The force field. *B*, Forces acting on the hand during simulated center-out reaching movements. Movements are simulated as being minimum jerk with a period of 0.5 sec and amplitude of 10 cm.

La théorie des modèles internes

- Le modèle inverse: Shadmehr et Mussa-Ivaldi (1994)

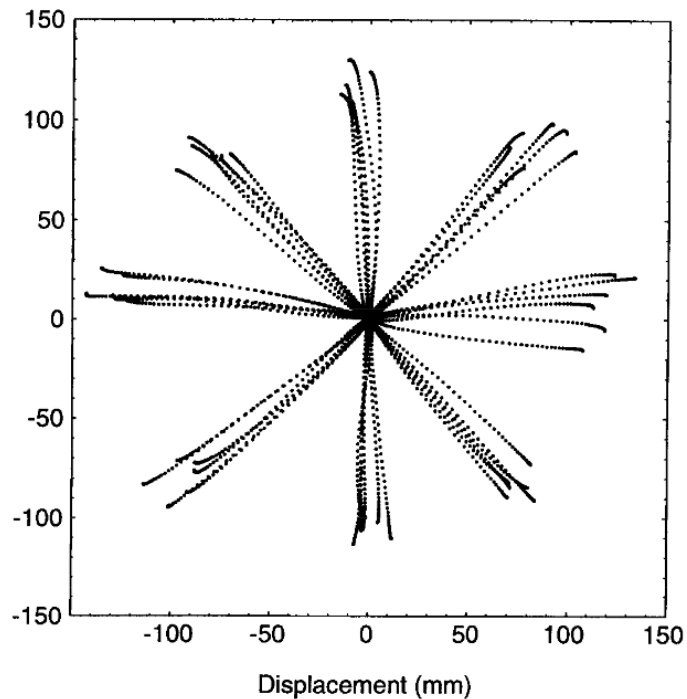


Figure 6. Typical hand trajectories at the right workspace in a null force field during no-visual feedback conditions. Dots are 10 msec apart.

centripetal forces that make up the G matrix can be derived from the

La théorie des modèles internes

○ Le modèle inverse: Shadmehr et Mussa-Ivaldi (1994)

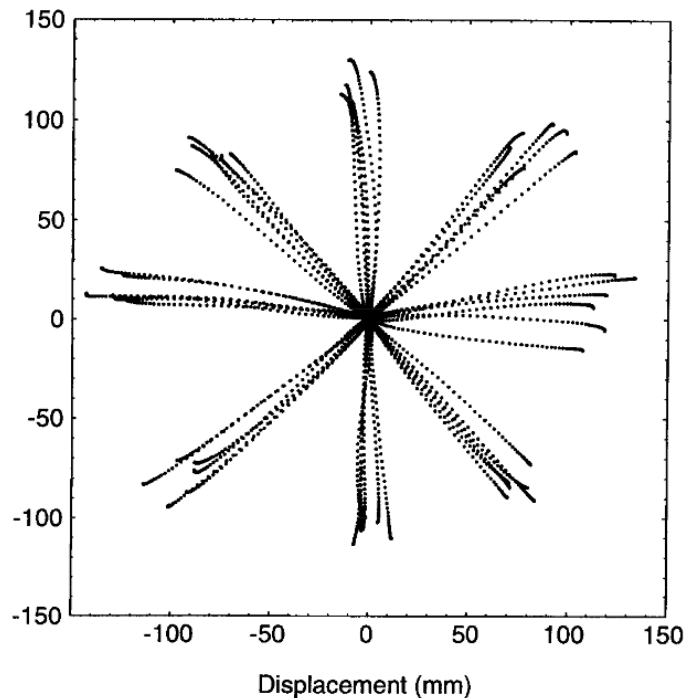


Figure 6. Typical hand trajectories at the right workspace in a null force field during no-visual feedback conditions. Dots are 10 msec apart.

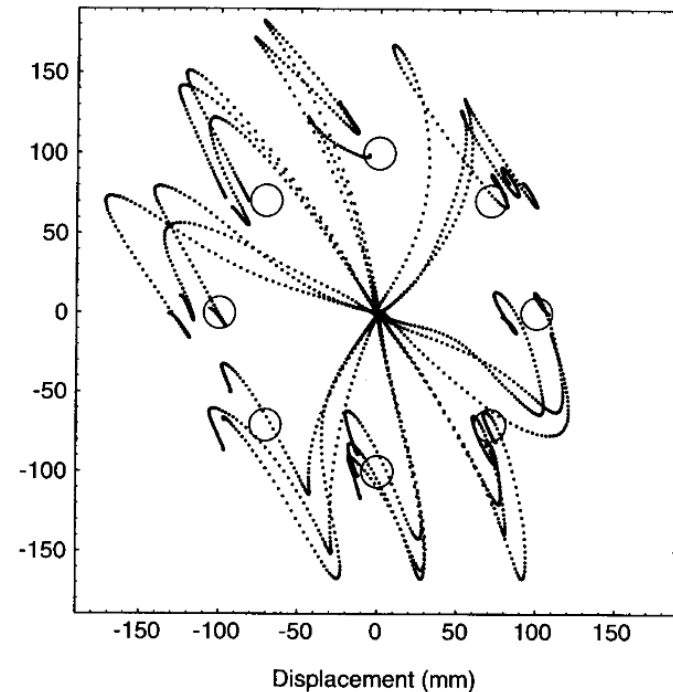


Figure 7. Performance during initial exposure to a force field. Shown are hand trajectories to targets at the right workspace while moving in the force field shown in Figure 3. Movements originate at the center. All trajectories shown are under no-visual feedback condition. Dots are 10 msec apart.

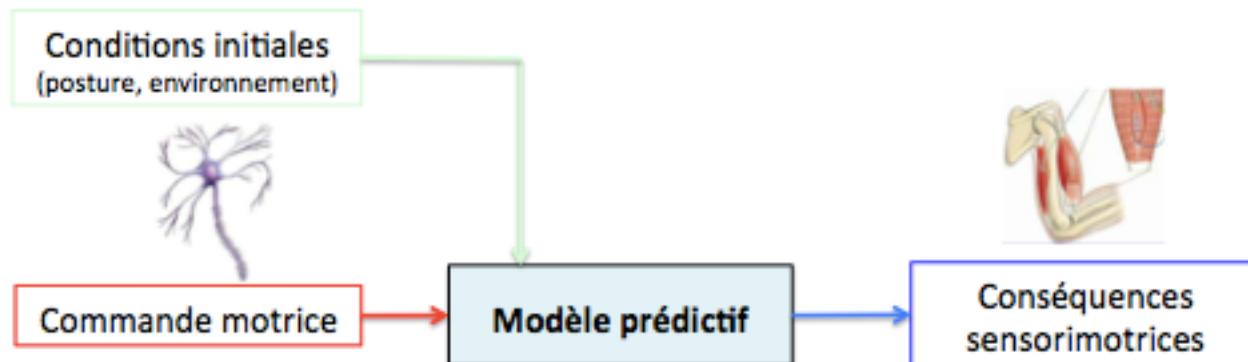
centripetal forces that make up the G matrix can be derived from the

La théorie des modèles internes

- « Modèles internes » ?

- Deux types de modèle interne :

(2) Le modèle prédictif calcule les conséquences sensorielles et motrices de la commande motrice (= mvt désiré ?)



La théorie des modèles internes

- Le modèle prédictif : Verger et al. (2003)

Mouvement de pointage : coordination œil-bras

Comment l'œil fait-il pour 'suivre' (de façon synchrone) le mouvement du bras pendant qu'il se déplace vers la cible ?

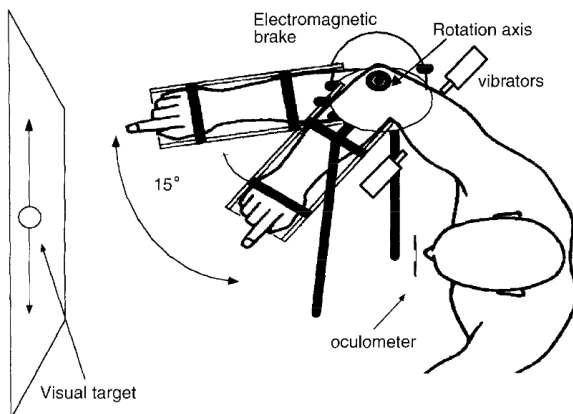


Fig. 6. Experimental set-up used to study eye-arm co-ordination during tracking. Adapted from Scarchilli and Vercher (1999).

La théorie des modèles internes

- Le modèle prédictif : Verger et al. (2003)

Mouvement de pointage : coordination œil-bras

Comment l'œil fait-il pour 'suivre' (de façon synchrone) le mouvement du bras pendant qu'il se déplace vers la cible ?

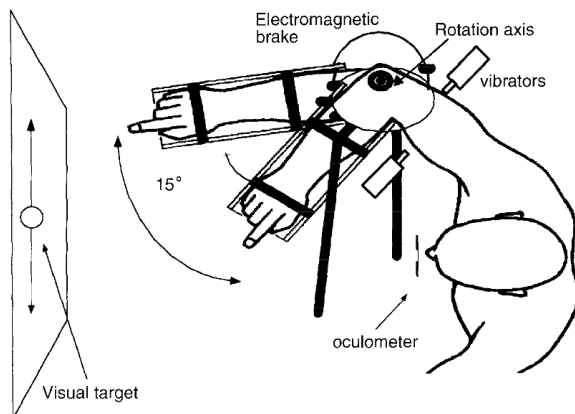


Fig. 6. Experimental set-up used to study eye-arm co-ordination during tracking. Adapted from Scarchilli and Vercher (1999).

Un modèle prédictif est utilisé par l'œil pour prédire les mouvements de la main, permettant ainsi une bonne coordination entre l'œil et la main.

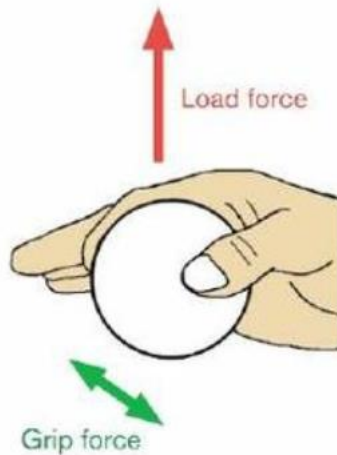
La théorie des modèles internes

- Le modèle prédictif : Kawato, 1999

Manipulation d'un objet : régulation force de préhension

Comment fait-on pour ne pas laisser tomber un objet ?

(a)

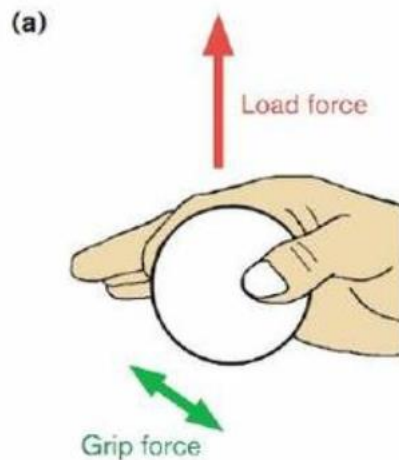


La théorie des modèles internes

- Le modèle prédictif : Kawato, 1999

Manipulation d'un objet : régulation force de préhension

Comment fait-on pour ne pas laisser tomber un objet ?



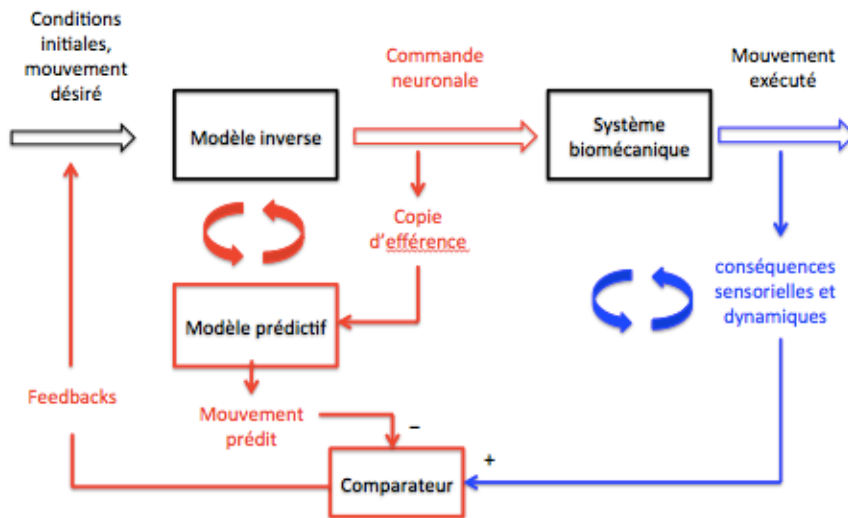
La force exercée sur l'objet surpasse toujours légèrement la charge de l'objet afin qu'il ne tombe pas. Cette force est prédictive car la main anticipe toutes les modifications de la charge de l'objet lors de son déplacement. La force de préhension est ajustée pendant le déplacement de l'objet.

La théorie des modèles internes

En résumé...

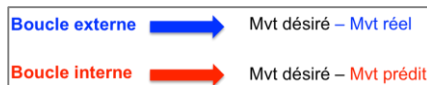
La théorie des modèles internes

En résumé...



Le modèle inverse est utilisé pour faire le mouvement (commande motrice).

Le modèle prédictif est utilisé pour contrôler l'action (coordination sensorimotrice).



Conclusion

Conclusion

Approche cognitive

- organisée '*centralement*' sur la base de calculs et de prédictions.

Concepts clés :

- Programme moteur
- Représentations, connaissances
- Modèle interne