

# IFT 2905: INTERFACES PERSONNE-MACHINE PERFORMANCE HUMAINE II

<http://tiny.cc/ift2905>



Image © Katerina Kamprani, [www.theuncomfortable.com](http://www.theuncomfortable.com)

## Mikhail Bessmeltsev

Certaines diapos de Bernhard Thomaszewski

# **DEVOIR 4**

Remise: Mardi 20 avril

# DEVOIR 4

Remise: ~~Mardi 20 avril~~

**Lundi 26 avril**

# EXAMEN FINAL

Jeudi, 29 avril

10:30-13:30

Remise: jusqu'à 13:45

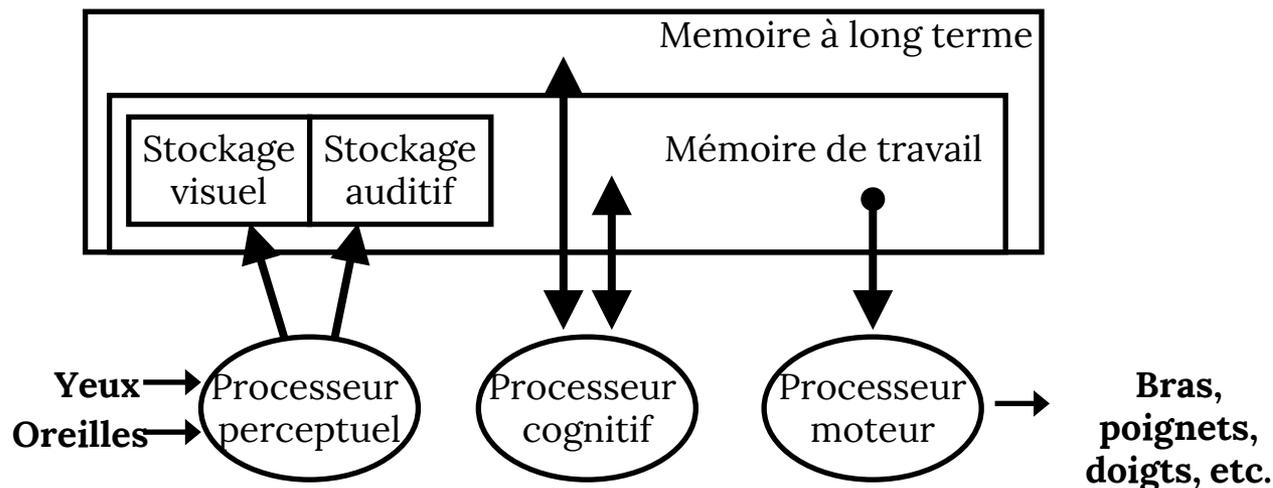
- Internet + ordinateur + (papier/tablette)
  - Livre ouvert
- Vous pouvez utiliser internet/diapos/...
- Caméra/microphone ne sont pas nécessaires
  - Zoom est seulement pour questions

*Rappel*

# MODEL HUMAN PROCESSOR

Le modèle

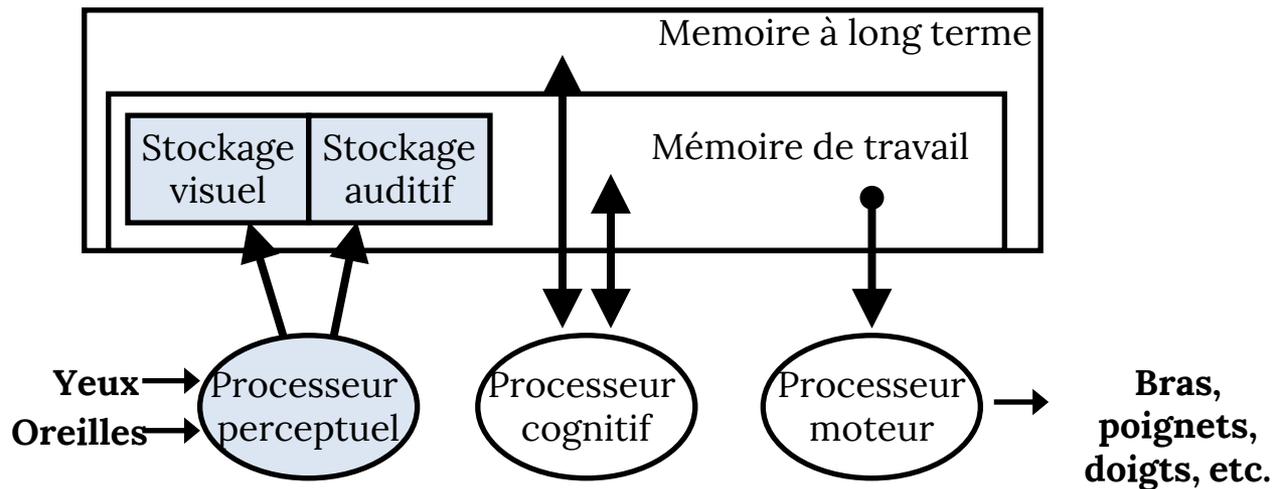
- 3 processeurs
- 3 types de mémoire
- des principes d'opération



Rappel

# MHP: SYSTÈME PERCEPTUEL

- processeur perceptuel
- stockage visuel et auditif (*mémoire perceptuelle (MP)*)
- temps d'exécution  $\tau_p = 100 [50 - 200] \text{ ms}$



# LA BOUCLE PRINCIPALE

**Perceptuel:** traiter le stimulus visuel et stocker le résultat

**Cognitif:** reconnaître et décider

**Moteur:** effectuer une action motrice contrôlée

Temps d'exécution pour PCM-boucle

$$\tau_{pcm} = \tau_p + \tau_c + \tau_m = 240[105 - 470]ms$$

Pour certaines tâches, les systèmes fonctionnent en série

appuyer sur une touche en réponse à un stimulus

Pour autres tâches, les systèmes fonctionnent en parallèle

conduire, parler au passager, écouter la radio

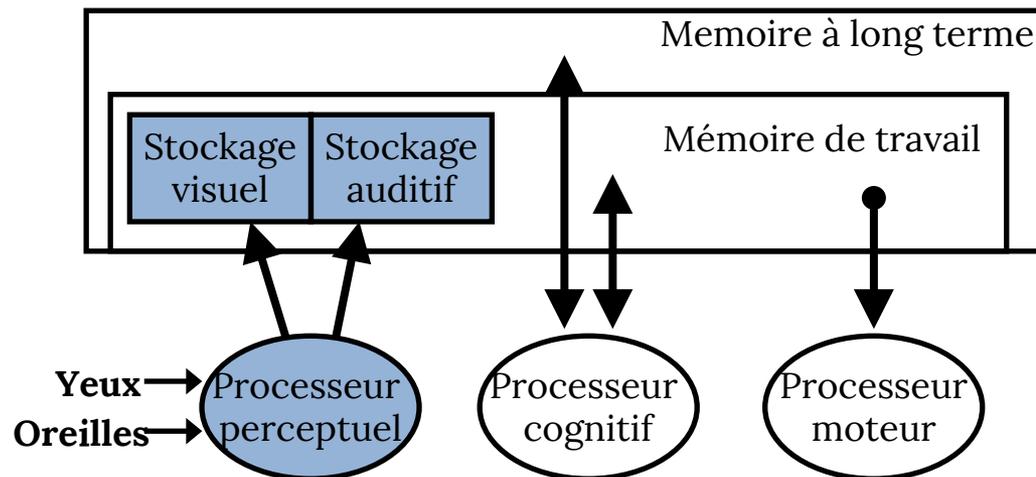
# Le système perceptuel



Image © Warner Bros, 2019

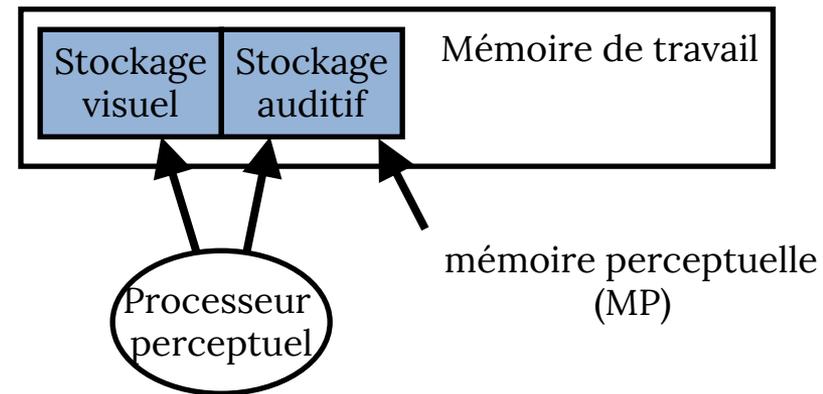
# SYSTÈME PERCEPTUEL

Responsable de la transformation de l'environnement externe en une forme que le système cognitif peut traiter



# MÉMOIRE PERCEPTUELLE (MP)

- Après le début du stimulus, la représentation du stimulus apparaît dans la mémoire perceptuelle
  - La représentation est physique (format *brute*), non symbolique
  - p.e., "7" est juste le motif (*pixel*), pas le chiffre reconnu
- Au fur et à mesure que les contenus de la MP deviennent codés symboliquement, ils sont transmis à la MT
- Durée
  - 0.5-1.0s: visuel
  - 1.5-5.0s: auditif

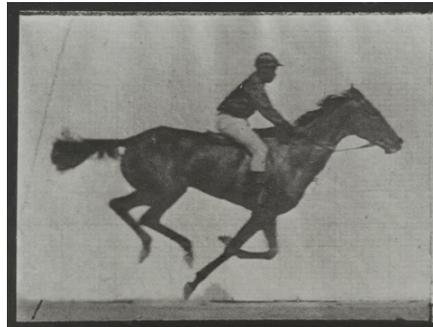


# PROCESSEUR PERCEPTUEL

- Code les informations dans la mémoire perceptuelle pendant  $\sim 100$  ms puis récupère le stimulus suivant
- Temps d'exécution  $\tau_p = 100 [50 - 200]$  ms
  
- Toutes les informations ne peuvent pas être traitées. L'*attention* détermine ce qui est traité (et dans quel ordre) et ce qui est filtré
- Théorie de la Gestalt: qu'est-ce qui est perçu comme quoi (groupement, patterns)?

# PROCESSEUR PERCEPTUEL (PP)

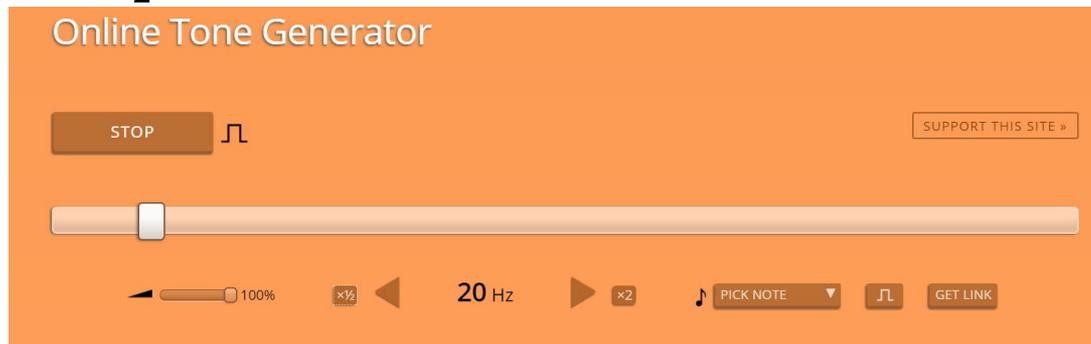
- Deux stimuli dans le même cycle PP ( $\tau_p \sim 100\text{ms}$ ) semblent fusionnés
- Conséquences
  - $1/\tau_p$  images / sec suffit pour percevoir une animation
  - 10 ips OK, 20 ips lisse
  - Réponse de l'ordinateur  $< \tau_p$  semble instantané



# EXEMPLE I

Supposons qu'une personne a un temps de cycle perceptif de 50 ms (borne inférieure)

- Si 20 clics par seconde sont joués pendant 5 secondes, environ combien de clics cette personne peut-elle entendre?
- Si 40 clics par seconde sont joués pendant 5 secondes, environ combien de clics une personne peut-elle entendre?



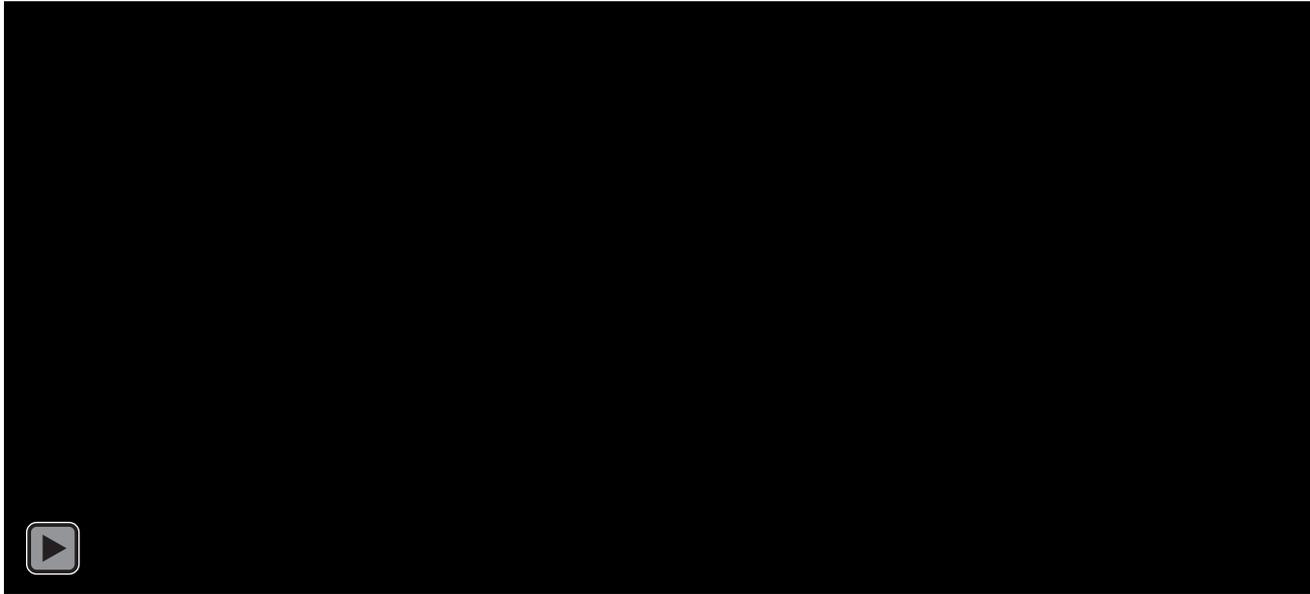
<http://www.szynalski.com/tone-generator/>

# EXEMPLE II

- À combien d'images par seconde doit-on jouer une vidéo pour donner l'illusion du mouvement?
- Temps d'exécution  $\tau_p = 100 [50 - 200]$  ms
- Si le temps entre deux images est inférieur à  $\tau_p$ , les images seront fusionnées et l'impression de mouvement continu sera obtenue
  - borne supérieure  $1000\text{ms}/50 = 20\text{ips}$
  - borne inférieure  $1000\text{ms}/200 = 5\text{ips}$

# EXEMPLE II

À combien d'images par seconde doit-on jouer une vidéo pour donner l'illusion du mouvement?



# Le système cognitif

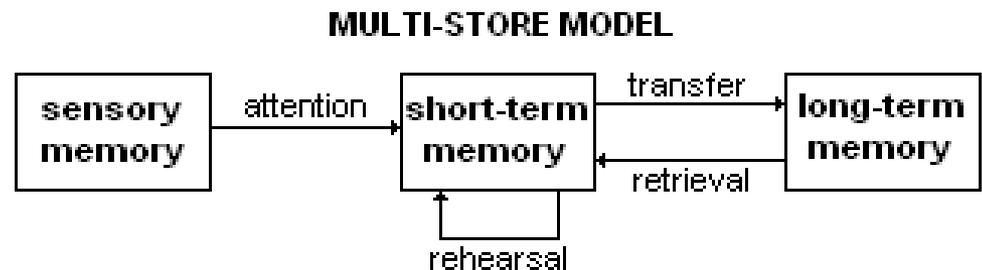


© Rick and Morty, "Morty's Mind Blowers"  
Season 3, Episode 8

# FORMES DE MÉMOIRE

## *Multi-store memory model* [Atkinson et Shiffrin 1968]

- **Mémoire sensorielle (format brute)**
  - Durée: 0.5-1s visuelle, 1.5-5.0s (auditive)
  - Capacité: large
- **Mémoire de court terme**
  - Durée: 15 [18 – 20] secondes
  - Capacité: 7 [5 – 9] items
- **Mémoire de long terme**
  - Durée: illimitée
  - Capacité: illimitée



# FORMES DE MÉMOIRE

*Working memory model* [Baddeley et Hitch 1974]

- Mémoire de travail: structures et processus utilisés pour stocker des informations temporairement et pour les manipuler
- Un concept plus complet/plus complexe que la mémoire à court terme

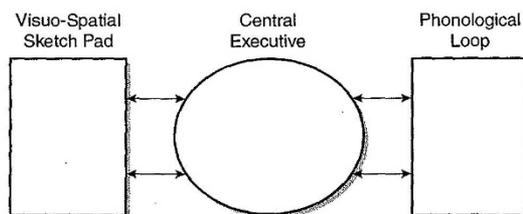


FIGURE 5.1 Baddeley Model of Working Memory

Source: Baddeley, 1986

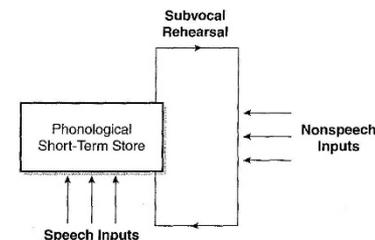
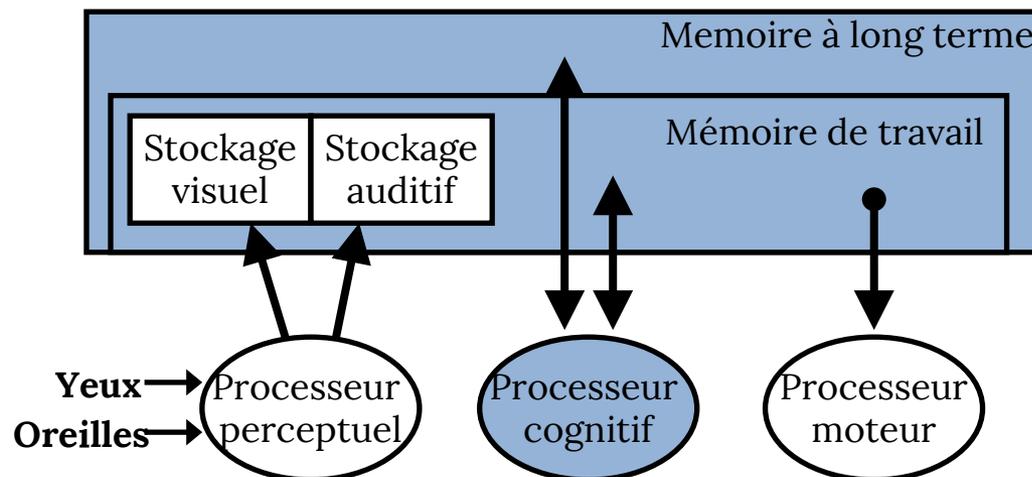


FIGURE 5.2 The Phonological Loop, with the Phonological Store and the Articulatory Loop

Source: Baddeley, 1986

# SYSTÈME COGNITIF

- Utilise le contenu de la MT et de la MLT pour prendre des décisions et programmer des actions avec le système moteur
- Composé d'un processeur et de deux mémoires



# MÉMOIRE DE TRAVAIL

- Détient des produits intermédiaires de la pensée et des représentations produites par le système perceptuel
- Composé de sections activées de MLT appelées *chunks*

Un chunk est un regroupement d'entités basiques  
 $7 \pm 2$  chunks sont actifs à un moment donné

*Faisons une expérience.*

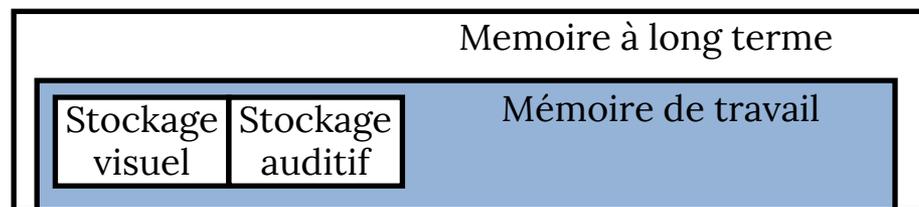
**A. Miller.** *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information.* Psychological Review, 1956.

**XOFVTMCBN**

**XOFVTMCBN**  
**NBC MTV FOX**

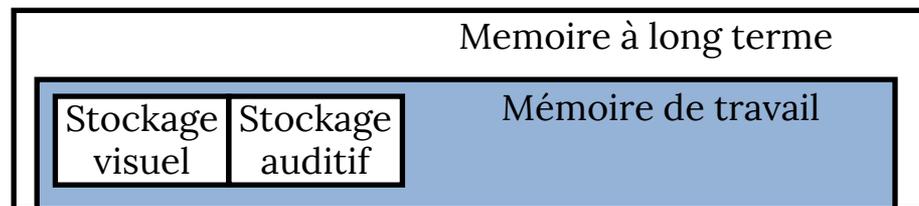
# MÉMOIRE DE TRAVAIL

- **Durée/effacement**  
Temps d'effacement est d'environ 7s pour trois *chunks*  
Interférence: plus difficile de rappeler un élément s'il y a d'autres éléments similaires (*chunk* activés) dans la mémoire
- Pas une section fixe de MLT, mais une séquence dynamique de chunk activés (pas besoin de transfert)



# MÉMOIRE À LONG TERME

- Détient la masse de connaissances
- Distinguer entre: faits, procédures, histoire (faits liés)
- Se compose d'un réseau de chunks liés, les connections du réseau sont des associations (réseau sémantique)

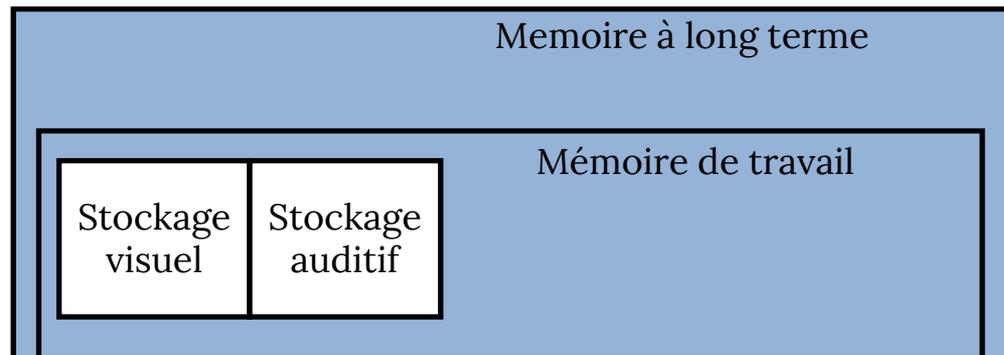


# MÉMOIRE À LONG TERME

Lecture rapide, écriture lente (réflexion, répétition)

Capacité de stockage infinie, mais on peut *oublier*

s'il est impossible de trouver des indices de récupération efficaces si des associations similaires à d'autres fragments interfèrent avec la récupération du chunk cible (principe de *discrimination*)



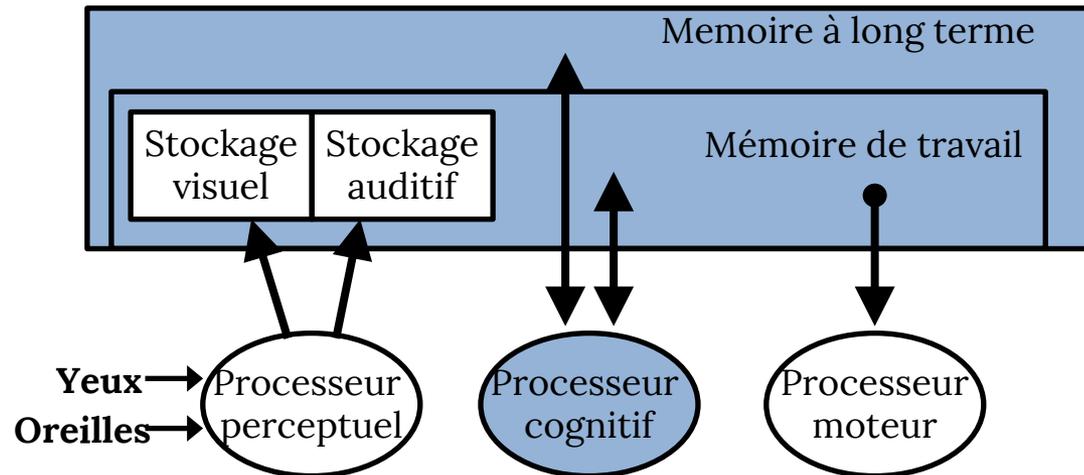
# PROCESSEUR COGNITIF

## Cycle de reconnaître-agir

Reconnaître: activer des fragments liés par association dans MLT

Agir: modifier le contenu de MT

Temps d'un cycle:  $\tau_c = 70 [25 - 170]ms$



# PRINCIPES DU SYSTÈME COGNITIF

- Principe d'incertitude

Le temps de décision augmente avec l'incertitude sur le jugement à faire, nécessite plus de cycles cognitifs

- Principe du taux variable

Le temps de cycle  $\tau_c$  est plus court lorsqu'un effort plus important est nécessaire (augmentation de demandes ou de la charge d'informations)  
 $\tau_c$  diminue avec la pratique

- Loi de la pratique exponentielle

$$T_n = T_1 \cdot n^{-\alpha}$$

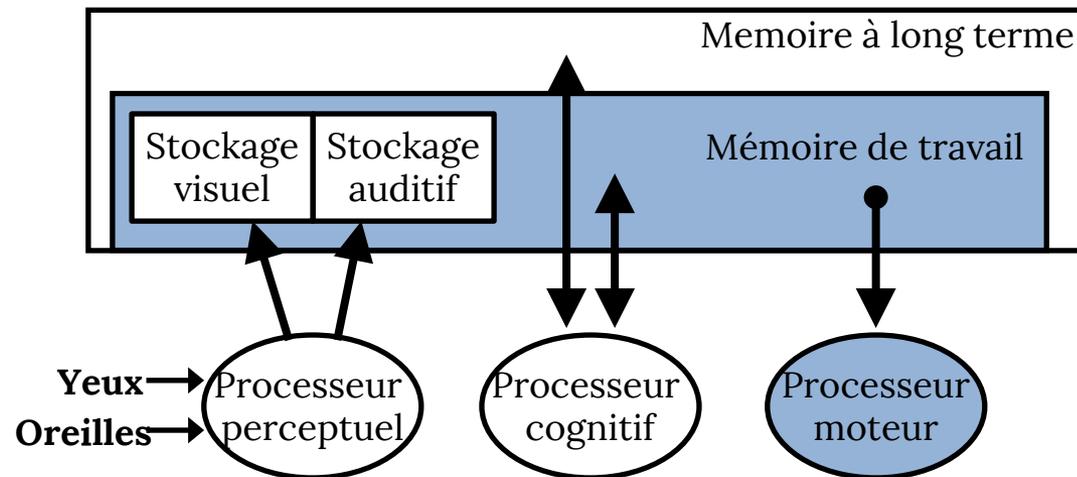
où  $\alpha > 0$  est une constante d'apprentissage

# Le système moteur



# SYSTÈME MOTEUR

Traduit des pensées en actions  
Actions tête-cou, bras-main-doigt, ...



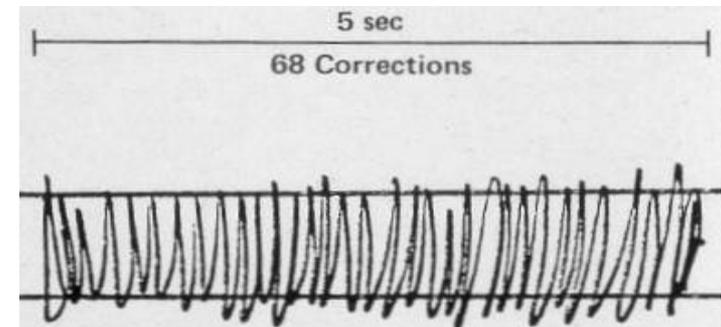
# PROCESSEUR MOTEUR

- Contrôle les mouvements du corps
- Temps d'un cycle  $\tau_m = 70 [30 - 100]$  ms
- Les mouvements ne sont pas continus  
composé de *micro-mouvements* discrets  
les micro-mouvements durent environ 70ms
- Mais un cycle de rétroaction (perception-cognition-moteur) dure  $\sim 250ms!$
- Mode *burst* pour les actions qui sont plus courtes que le temps de cycle de rétroaction  
taper, parler, griffonner, tapoter

# EXPERIENCE

Expérience: déplacez le stylo aussi vite que possible entre les lignes et pendant 5 secondes

- *Boucle ouverte*
  - pas de contrôle perceptuel
  - environ 70 inversions de stylo en 5 sec
  - $\tau_m \approx 70ms$
- *Boucle fermée*
  - le système perceptuel contrôle le mouvement
  - environ 20 corrections en 5sec
  - $\frac{5000ms}{20} = 250ms \approx \tau_p + \tau_c + \tau_m!$



# EXEMPLE I

*Exemple: tâche de correspondance simple.*

Un utilisateur est assis devant un terminal informatique. Chaque fois qu'un symbole apparaît, il doit appuyer sur la barre d'espace. Quel est le délai entre le stimulus et la réponse?

$$\tau_p + \tau_c + \tau_m \approx 240 \text{ ms}$$

Temps d'exécution

processeur perceptuel

processeur cognitif

processeur moteur

$$\tau_p = 100 [50-200] \text{ ms}$$

$$\tau_c = 70 [25-170] \text{ ms}$$

$$\tau_m = 70 [30-100] \text{ ms}$$

## EXEMPLE II

*Exemple: tâche de correspondance avancée.*

Deux symboles apparaissent sur le terminal de l'ordinateur. Si le second symbole correspond au premier, l'utilisateur appuie sur "Y" et appuie sur "N" sinon. Quel est le délai entre le deuxième signal et la réponse?

$$\tau_p + 2\tau_c(\text{comparer et décider}) + \tau_m \approx 310 \text{ ms}$$

# VERIFICATION



**cognitive fun!**  
Learn your mind. Play it too.

[TESTS](#) | [STATS](#) | [DISCUSS](#) | [RESOURCES](#) | [I.SCORES](#) | [FEEDBACK](#)

*All tests*

[Attentional](#) | [Perceptual](#) | [Executive](#) | [Item span](#) | [Memory](#) | [Experimental](#)

 [Visual Reaction Time](#) [less info](#)

Classic reaction time test. **Click when the green dot appears.** Reaction time is an important indicator of attention and a common measure used in more complex tasks. Measure and record your reaction times and compare them with your previous times as you practice! **Try to aim for below 250ms.**

 [Go/No-go Visual Reaction Time](#) [less info](#)

A Go/No-go test has a stimulus that needs to be responded to, as well as one that should *not* be responded to. In other words, response to the alternate stimulus needs to be inhibited. **Click on the plain green dot, and *IGNORE* the patterned dot.**

Login to save scores

Username: \*

Password: \*

- [new account](#)
- [reset password](#)

Latest message

Time to upgrade my Minecraft to premium

# POURQUOI LE MHP EST-IL UTILE?

- Utiliser des études empiriques pour valider le modèle valide notre compréhension des trois systèmes
- Utiliser le modèle pour
  - Prévoir et comparer l'utilisabilité de différentes conceptions d'interface
  - Performances des tâches, apprentissage et taux d'erreur
  - Aucun utilisateur ou prototype fonctionnel requis!
- Développer des lignes directrices pour la conception d'interface
  - Couleur, layout spatial, taux de réponse, etc.
- Pour être utile, un modèle doit
  - être facile à utiliser et à apprendre
  - produire des résultats raisonnablement précis

# CE QUI N'EST PAS DANS LE MHP

- Processeur et mémoire sensoriel haptique
- Mémoire moteur (ou muscle)
- L'attention: le bloc *actif* dans MT et son effet sur le traitement cognitif  
affecte le traitement perceptuel des stimuli sensoriels et filtre les informations transférées de la mémoire sensorielle à la MT
- Emotions  
les temps d'exécution (et autres paramètres) varient selon l'état affectif de l'utilisateur

# La loi de Fitts

Un modèle du mouvement humain

# FITTS LAW

Développé en 1954 par Paul M. Fitts  
Modélise l'acte de *pointer*

Atteindre un contrôle dans un cockpit

Tirer des articles défectueux d'une bande transporteuse

Cliquer sur les icônes en utilisant une souris

Très puissant, largement utilisé

valable dans de nombreuses circonstances (sous l'eau, en état d'ébriété)

Permet la comparaison entre différents dispositifs d'entrée

Utilisé à la fois pour mesurer le débit et prédire le temps de déplacement



Paul Fitts  
(Psychologist)  
Pioneer for human  
factors in aviation  
safety

# ORIGINES

Des psychologues utilisaient la théorie de l'information pour modéliser les compétences perceptives, cognitives et motrices

Théorie de l'information développée par Shannon à la fin des années 1940 chez Bell Labs

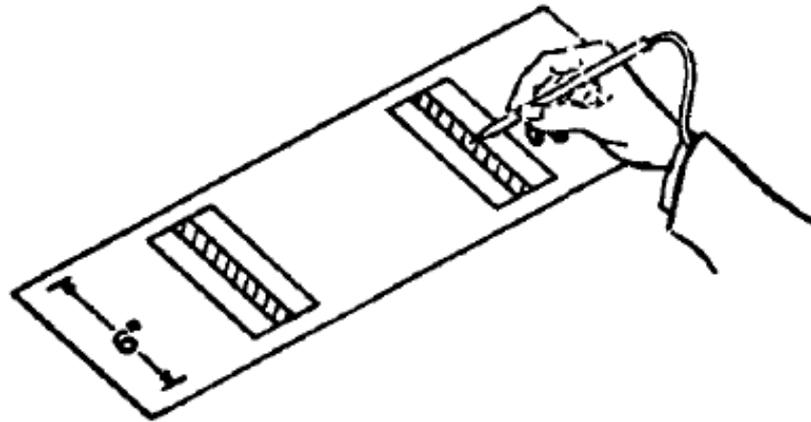
Transformation des informations en séquences de chiffres binaires et transmission sur un canal bruyant

Deux lois qui sont toujours avec nous

Loi de Fitts: temps de mouvement

Loi de Hicks: temps de décision en fonction du nombre de choix

# L'EXPÉRIENCE ORIGINALE DE FITTS



*Figure 1.* Reciprocal tapping apparatus. The task was to hit the center plate in each group alternately without touching either side (error) plate.

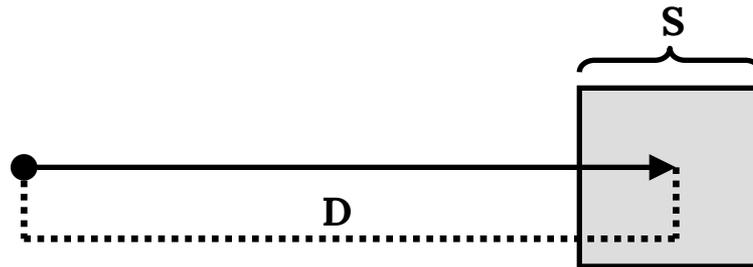
# LA TÂCHE

But: modéliser le mouvement du bras et la main vers une cible

La main est à  $D$  cm de la cible (amplitude)

La cible mesure  $S$  cm de large (tolérance)

Supposons que le mouvement suit un chemin horizontal droit (1D)



# TEMPS DE MOUVEMENT

## Quantités centrales

Temps de mouvement (MT): combien de temps faut-il pour atteindre la cible?

Indice de difficulté (ID): à quel degré la tâche est-elle difficile?

Observation principale: TM est linéaire par rapport à l'ID

$$TM = a + b \log_2(D / S + 1)$$

# TEMPS DE MOUVEMENT

## Quantités centrales

Temps de mouvement (MT): combien de temps faut-il pour atteindre la cible?

Indice de difficulté (ID): à quel degré la tâche est-elle difficile?

Observation principale: TM est linéaire par rapport à l'ID

$$TM = a + b \log_2(D / S + 1)$$

Temps de  
réaction

Temps de  
mouvement

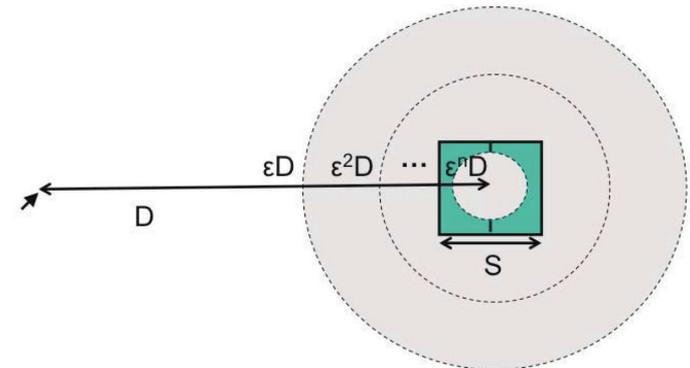
# EXPLICATION

Hypothèse: l'erreur de mouvement est proportionnelle à la distance

- Déplacer la main vers la cible est un contrôle en boucle fermée
  - percevoir, reconnaître et décider, action
- Chaque cycle couvre la distance restante  $D$  avec erreur  $\varepsilon D$
- Distances restantes:  $D \rightarrow \varepsilon D \rightarrow \varepsilon^2 D \rightarrow \dots \rightarrow \varepsilon^n D \leq \frac{1}{2} S$

$$\varepsilon^n D = \frac{1}{2} S$$

$$n = \log_{\varepsilon} \frac{S}{2D} = \frac{\log_2 \frac{S}{2D}}{\log_2 \varepsilon}$$



# EXPLICATION

- Nombre d'itérations

$$n = \frac{\log_2 \left( \frac{S}{2D} \right)}{\log_2 \varepsilon}$$

- Modèle pour temps de mouvement

$$TM = a + b \log_2 \left( \frac{2D}{S} \right)$$

- Temps pour initier le mouvement  $a = \tau_p + \tau_c + \tau_m$
- Pente  $b = -\frac{\tau_p + \tau_c + \tau_m}{\log_2 \varepsilon}$
- Explications

$$\log_\varepsilon x = \frac{\log_2 x}{\log_2 \varepsilon}$$

$$\log_2 \frac{x}{y} = -\log_2 \frac{y}{x}$$

$$\varepsilon < 1 \rightarrow \log_2 \varepsilon < 0 \rightarrow b > 0$$

