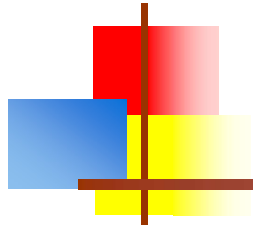




# *Sciences Cognitives (bases Psychologiques)*

- *Notion de perception*
- *Modèle du processeur humain*
- *Modèles GOMS-Keystroke*
- *Loi de Fitts*



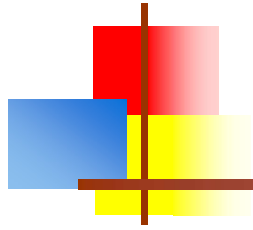
# Modèle(s) de l'humain

---

La **psychologie cognitive** produit des modèles pour **prédire** et **expliquer** le comportement de l'être humain

- quelle(s) capacité(s) de perception ?
- quelle(s) capacité(s) de traitement ?
- quelle(s) capacité(s) d'action ?

**Exemple de modèle: Processeur Humain**

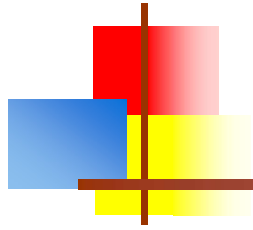


# Notion de perception

---

**Définition:** Ensemble des mécanismes psychologiques et physiologiques dont la fonction est de prendre l'information et l'interpréter pour:

- Elaborer un diagnostic
- Construire un plan d'actions
- Emmagasinier des connaissances



# Perception: Rôle du contexte

---

- tâche de Stroop [1935] : énoncer les couleurs de chaque mot

vert

rouge

bleu

orange

noir

violet

vert

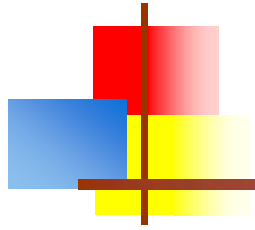
rouge

bleu

orange

noir

violet

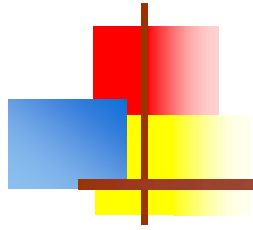


# Perception: Rôle du contexte

- importance du contexte dans lequel se situe l'objet perçu

A B C D

12 13 14 15



# Perception: compréhension

---

- nous percevons mieux ce qui a une signification pour nous ...
  - SCNDLXEAAU
  - SNDEACUAXL
  - SCANDALEUX



# Notion de perception: redondance

---

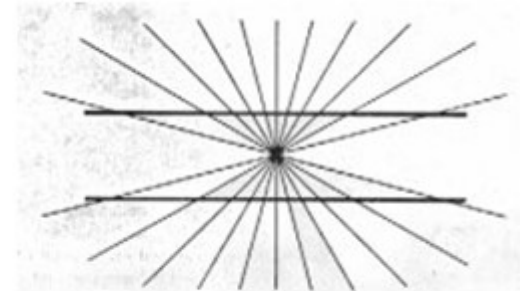
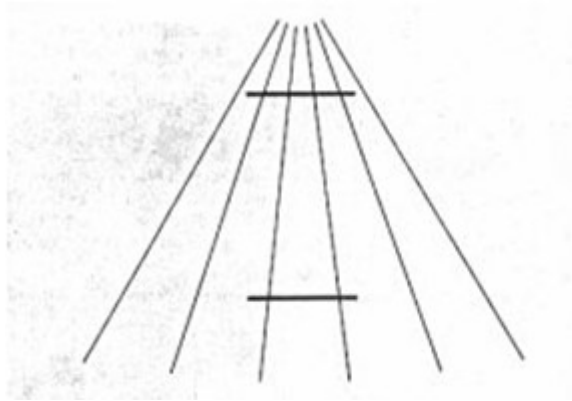
- **Importance de la redondance**

Aixsi, xoux poxvoxs rxmpxacxr cxaqxe  
txoixième lxttxe pxe ux x, ex voxs  
vxus xn txrex asxez xiex.

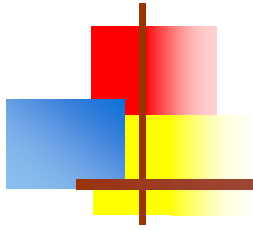
Le chse deient u pe pls dffcie orqu  
nos sppimns arémnt es etre.

# Perception: sensations erronées

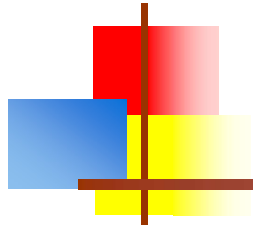
- figures de Luckiesh [1965]







# **Modèle du processeur humain**



# Modèle du processeur humain

---

(Card, Moran, Newell, 1983)

- L'humain est considéré comme un système de traitement de l'information (analogie aux ordinateurs)
- Ce modèle est composé des sous-systèmes :
  - Sensoriel
  - Moteur
  - Cognitif

Selon les tâches à accomplir, les **processeurs** peuvent fonctionner

- en **séquence** (ex: enfoncer un bouton en réponse à un stimulus visuel)
- en **parallèle** (saisie de texte, lecture et traduction simultanées)



# Modèle du processeur humain

---

- chaque sous-système possède :
  - 1) **Une mémoire** caractérisée par :
    - **$\mu$ : capacité** (nombre d'éléments d'information mémorisés)
    - **$\delta$ : persistance**: temps au bout duquel la probabilité de retrouver un élém. d'information inférieure à 0.5)
      - $\delta = 200 \text{ ms} \rightarrow$  mémoire visuelle
      - $\delta = 1500 \text{ ms} \rightarrow$  mémoire auditive
    - **K: type d'information mémorisé** (physique, symbolique..)
  - 2) **Un processeur** caractérisé:
    - **T : cycle de base** de traitement de l'information



# (1) Système sensoriel (visuel, auditif)

**Responsable de la perception** : ensemble des sous-systèmes spécialisés dans le traitement d'une classe de stimuli (phénomènes physiques détectables)

Possède une **mémoire spécifique** et un **processeur** intégré

## Système visuel

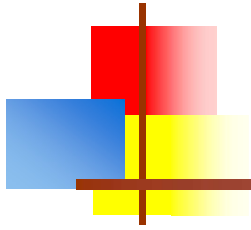
Capacité : 17 signes

Cycle de base:  $\geq 100$  ms et  $\leq 200$  ms

## Système sensoriel auditif

Capacité : 5 items

Cycle:  $\leq 1500$  ms



## (2) Système moteur

---

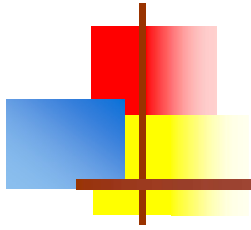
**Responsable des mouvements** → Suite de **micro-mouvements** (70 ms par micro-mouvement)

Mouvements → unités physiques de commande (claviers, écrans, souris, dispositifs de désignation)

### **Deux types de mouvements:**

- Mouvements fins (déplacement de souris)
- Mouvements importants (frappe du clavier)

**Minimiser les mouvements des yeux** → **Organisation intelligente de l'écran** par rapport à la **tâche** à réaliser



### (3) Système cognitif

---

Responsable du **raisonnement** et des prises de décision

Comprend :

**Mémoire à Court Terme**

**Mémoire à Long Terme**



# Mémoire à Court Terme (MCT)

---

- **Mémoire de Travail limitée, contient les informations en cours de manipulation.**
- **Unité temporaire de stockage et traitement. Même rôle que les registres d'un ordinateur**
- **Mnème** : unité cognitive symbolique
- Ex: la suite de lettres **I.H.M.** ou **C.N.A.S** constitue un mnème pour nous, mais 3 (resp. 4) mnèmes différents pour une personne ignorant sa signification.
- **Capacité** de la MCT :  **$7 \pm 2$  mnèmes** selon le type de personne, son état (fatigue ...).
- **L'activation** de **nouveaux mnèmes** efface ceux n'ayant pas fait l'objet d'une réactivation (similaire à la **pagination**)



# Mémoire à Long Terme (MLT)

---

- **Lieu de stockage de la connaissance permanente.**
- La MLT est pratiquement **illimitée** en termes de capacité et permanence de l'information
  - Même rôle que les mémoires **centrale** et **secondaire** d'un ordinateur.
  - Est constituée d'un **réseau** de **mnèmes** (représentés par des procédures et des données).
  - L'écriture s'effectue par **association** (un **mnème** est trouvé facilement s'il a plusieurs associations)



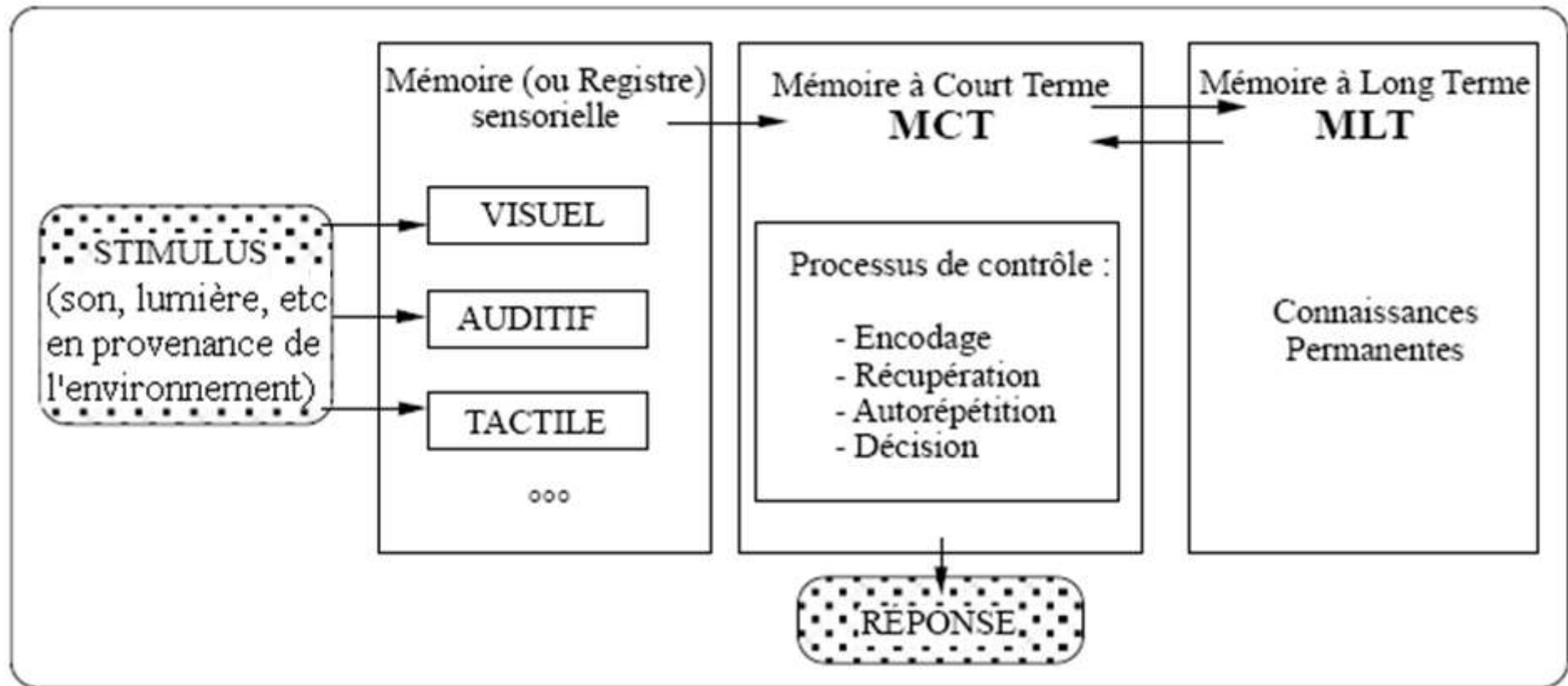


# Mémoires à Court et Long Terme

---

- tenir compte des propriétés de la mémoire dans la conception d'un système interactif
  - **mémoire à court terme**
    - limiter le nombre d'items d'un menu à 7
    - ne pas obliger à garder en mémoire l'état du système
  - **mémoire à long terme**
    - la **répétition** permet la mémorisation
    - L'utilisateur régulier se sert de **raccourcis** pour les actions les plus utilisées

# Modèle du processeur humain



**Architecture du système cognitif humain**



# Modèle du processeur humain

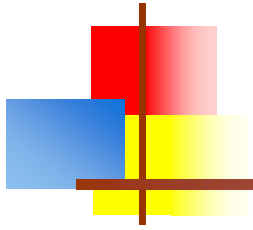
---

## Avantages

- Constitue un cadre fédérateur à la diversité des connaissances en psychologie
- Utilise la terminologie d'un informaticien

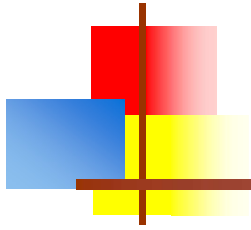
## Inconvénient

- Ce modèle ne véhicule pas de méthode de conception



# Modèle GOMS

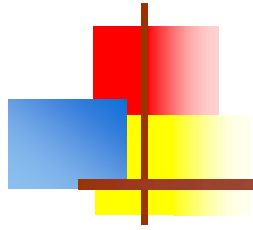
## Kesytroke



# Modèle GOMS

---

- GOMS est un modèle de description du comportement humain, qui prend comme hypothèse le caractère adaptatif du sujet humain.
- La méthode de conception GOMS se fait par l'analyse des tâches des utilisateurs: décomposée de façon **hiérarchique** en **sous-tâches**, depuis le **but global** jusqu'aux **actions physiques**.



# Modèle GOMS

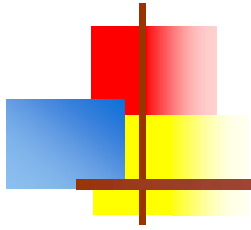
---

## GOMS (Goal, Operation, Method, Selection)

**Buts (Goals)** poursuivis.

**Opérateurs:** actions élémentaires permettant de satisfaire le but.

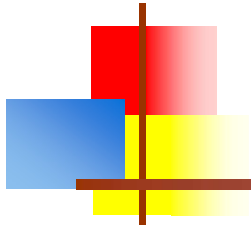
Une **action élémentaire** (perceptuelle, motrice, cognitive) change l'état mental de l'utilisateur ou l'environnement (tq: prendre la souris avec la main, déplacer le curseur vers un paragraphe)



# Modèle GOMS

---

- **Méthodes:** définissent les procédures permettant d'atteindre le but. Elles s'expriment sous la forme d'une suite conditionnelle de buts et d'opérateurs.
- **Sélection :** se fait par des règles de sélection ou choix de méthodes, en cas de conflit



# Modèle GOMS

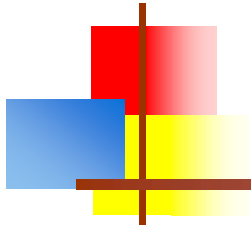
## Exemple (a) :

*But: obtenir de l'aide*

**Méthode 1 :** prendre la souris  
déplacer vers le menu "View"  
appuyer sur le bouton  
descendre sur élément "Guides"  
lâcher le bouton.

**Méthode 2:**  
enfoncez la touche [ctrl]  
taper sur la touche [G]





# Modèle GOMS

---

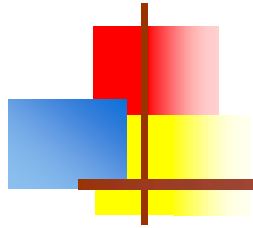
## Exemple (b) :

dessin d'une ligne avec un éditeur graphique (clavier ou souris) → **But (Goal)**

## Méthodes :

### **Méthode 1 (souris) :**

- Prendre la souris
- Déplacer la souris au 1er point désiré
- Clic du bouton gauche de la souris
- Déplacer la souris au 2è point (extrémité)
- Clic bouton gauche de la souris



# Modèle GOMS

---

## Méthode 2 (clavier):

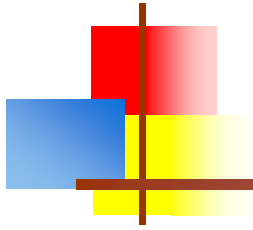
- Déplacer avec les flèches du curseur  
(← ↑ → ↓) vers le 1er point
- Appui sur la touche Entrée (↵)
- Déplacer avec les flèches du curseur  
(← ↑ → ↓) vers le 2è point
- Appui sur la touche Entrée (↵)

## Sélection :

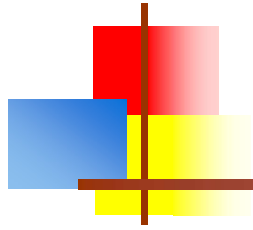
Si souris présente

Alors utiliser la méthode (1) de préférence

Sinon utiliser directement la méthode (2)



# Niveau Keystroke de GOMS

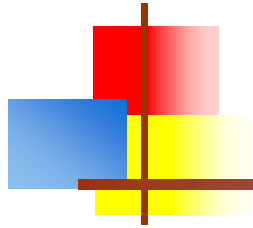


# Niveau Keystroke de GOMS

---

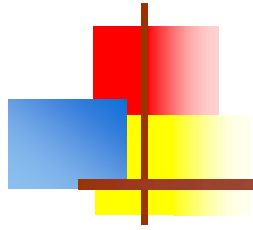
**Keystroke**: technique d'évaluation de GOMS dans la phase de conception

**Keystroke** prédit le temps d'exécution d'une **tâche routinière** par un **utilisateur expérimenté** ne commettant pas **d'erreur**



# Niveau Keystroke de GOMS

- **Texécution** = { TK, TP, TH, TD, TM, TR }  
( $T_{\text{t\^a}che} = \sum T_{\text{unités de t\^a}che}$ )
- **TK (Kestroking)** : temps de frappe au clavier ou de manipulation de la souris (**0,2 s**).
- **TP (Pointing)**: temps pris pour désigner un objet (déplacement de la souris vers une cible) (=1,1 s; moyenne variant de 0,8 à 1,5s calculée selon la loi de Fitts)
- **TH (Homing)** : temps de rapatriement de la main (nécessaire pour changer de dispositif (clavier,souris,...) et se placer correctement sur le nouveau dispositif) (**0,4 s**)

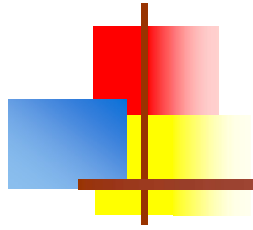


# Niveau Keystroke de GOMS

- **TD** : temps pris par l'action de dessiner avec la souris sur l'écran.

*Cas de tracé de segments de droite :  $TD = 0,9 n + 0,16 l$   
( $n$ : nombre de segments tracés;  $l$ : somme de leur longueur totale)*

- **TM** : temps d'activité mentale de l'utilisateur pour se préparer à exécuter un opérateur physique **K**, **P**, **H** ou **D** (1,35 s).
- **TR** : temps de réponse du système ( $\approx 0$  s)



# Niveau Keystroke de GOMS

**Exemple** : Calculer le temps nécessaire à l'utilisateur pour la commande UNIX mail :

**a) avec le clavier**

**b) avec la souris**

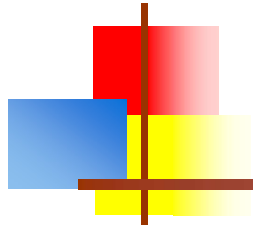
**a)**  $M K [m] K [a] K [i] K [l] K [retour-chariot]$  ou  $M 5 K [mail retour-chariot]$

$$Ta = 1,35 + 5 \times 0,2 = 2,35 \text{ s}$$

**b)**  $M H [souris] P [souris] K [bouton-souris] H [clavier] = M H P K H$

$$Tb = 0,4 + 1,35 + 1,1 + 0,2 + 0,4 = 3,45 \text{ s}$$

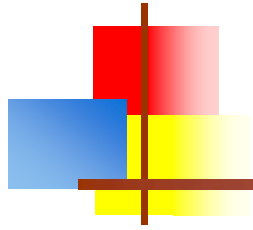
**Tb > Ta** (la commande Unix est rapide à exécuter avec la clavier qu'avec la souris)



# Niveau Keystroke de GOMS

- **Comment calculer la Présence de (M) dans les opérateurs ?**
- On utilise la règle heuristique (expérimentale) de Card, Moran et Newell : l'utilisateur tend à partitionner une **méthode en sous- méthodes (mnèmes)** et à insérer une activité mentale entre chaque sous-méthode
- → **Les mnèmes** d'une méthode correspondent aux unités **syntaxiques d'une commande**



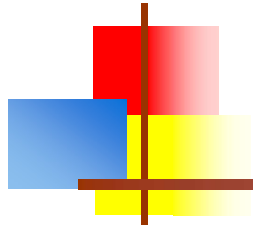


# Niveau Keystroke de GOMS

---

## Application (Exercice) :

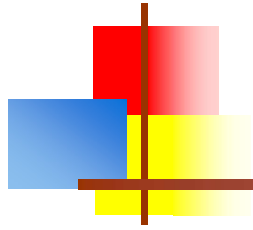
- 1) Calculer le temps nécessaire pour exécuter la commande unix: **cp \*.txt rep**
- 2) Calculer le temps nécessaire pour sélectionner un mot dans un document Word, et le copier dans le presse-papier, ensuite le coller à une autre position dans le même document.



# Niveau Keystroke de GOMS

## Avantages :

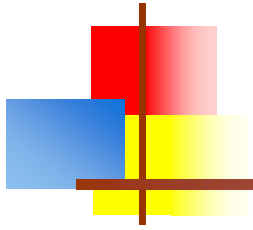
- **GOMS** véhicule une méthode de conception compatible avec celle que pratiquent les informaticiens
- **GOMS** permet de mesurer le comportement de l'utilisateur
- Simplicité (**Keystroke**): technique compréhensible par un non-spécialiste en psychologie cognitive
- Outil d'analyse quantitative (**Keystroke**) : pour comparer ou prédire les performances (ex: *démontrer que la sélection de texte s'effectue plus avec la souris que le clavier* )



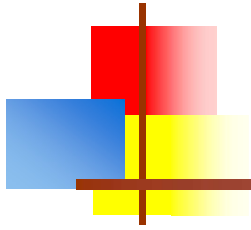
# Niveau Keystroke de GOMS

## Limitations :

- *Caractère réduit des opérateurs de **GOMS** (ne peut être utilisé dans une interface de reconnaissance de la parole ou interface gestuelle par exemple)*
- *Impossibilité de prendre en compte le traitement d'erreur, inévitable pour le sujet humain (**GOMS** et **Keystroke**)*
- *Imprécision sur l'exactitude des évaluations de **Keystroke***



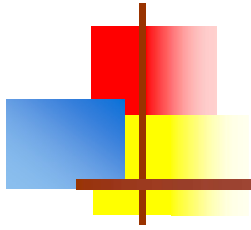
# LOI DE FITTS



# Loi de Fitts

---

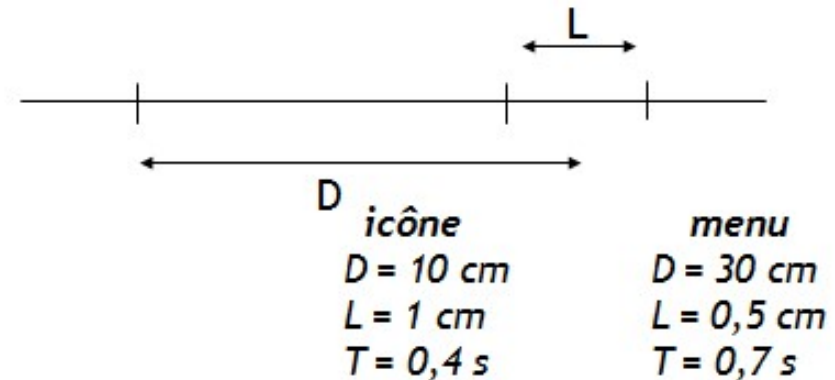
- Modèle du mouvement humain qui **prédit le temps** requis pour aller rapidement d'une position de départ à une position finale, en fonction de **la distance** à la cible et **la taille** de la cible
- Publiée par Paul Fitts (1954): demeure un des seuls modèles mathématiques robustes à la disposition des concepteurs et chercheurs en IHM
- Destinée à un dispositif de pointage (souris, joystick ou manette, crayon optique, écran tactile)



# Loi de Fitts

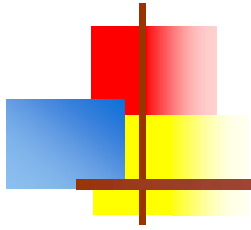
## Formulation de Shannon

$$T = I \times \log_2 (D/L + 1)$$



→ **D : distance** de la main à la cible (sépare le point de départ du centre de la cible)

→ **L : dimension** (largeur de la cible mesurée selon l'axe du mouvement)

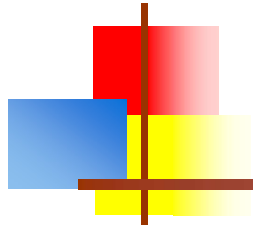


# Loi de Fitts

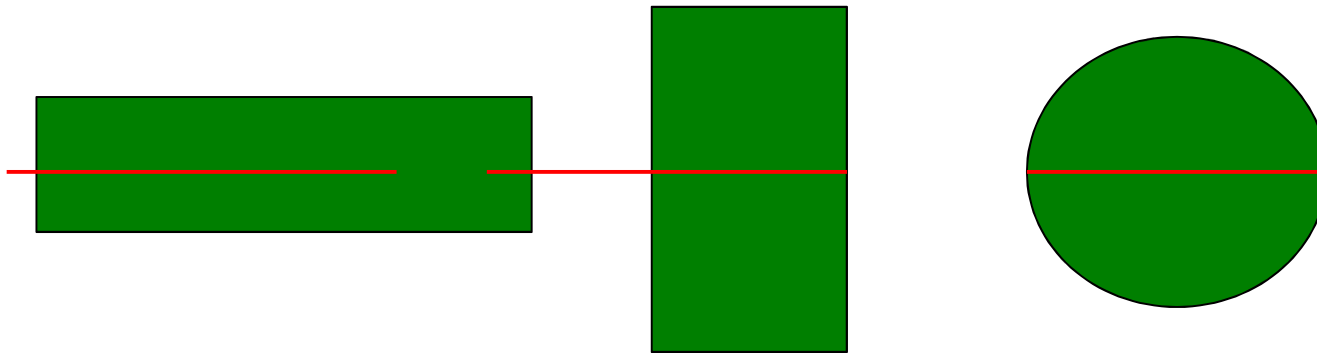
**Formulation de Shannon :**     $T = I \times \log_2 (D/L + 1)$

- $I = - (T_S + T_C + T_M) / \log_2 (\epsilon)$
- $T_S$ : cycle du processeur sensoriel pour vérifier la localisation actuelle de la main
- $T_C$ : cycle du processeur cognitif pour ordonner l'exécution du micro-mouvement
- $T_M$ : cycle du processeur moteur pour effectuer le micro-mouvement

$$I \approx 100 \text{ ms}$$



# Loi de Fitts



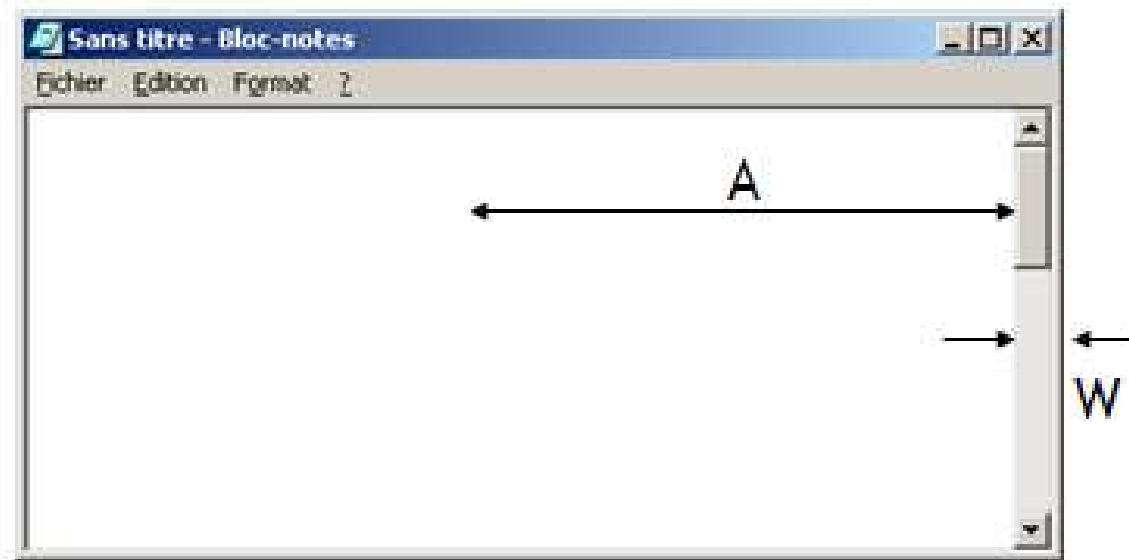
Cible: ligne placée sur la trajectoire de la souris

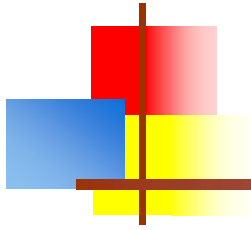
La forme en cercle assure une taille de cible constante quel que soit la position du curseur.



# Loi de Fitts

**Exemple d'usage:** atteindre une barre de défilement

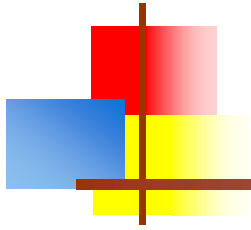




# Loi de Fitts

---

- La loi de Fitts indique que **plus** la cible est **éloignée**, **plus** l'utilisateur **met du temps** pour pointer sur elle
- Souvent les utilisateurs experts exploitent au maximum des **raccourcis** tels que les équivalents-clavier et **accélérateurs**, afin d'éviter des pointages longs



# Loi de Fitts

---

Pour les 2 types de menus: **Popups menus** (menus surgissants) et **menus déroulants** (préférer le pop-up menu car les distances à parcourir sont moins longues)

## Application

Utiliser la loi de Fitts pour calculer le temps de pointage vers une cible de 1 cm de large à une distance de 8 cm