

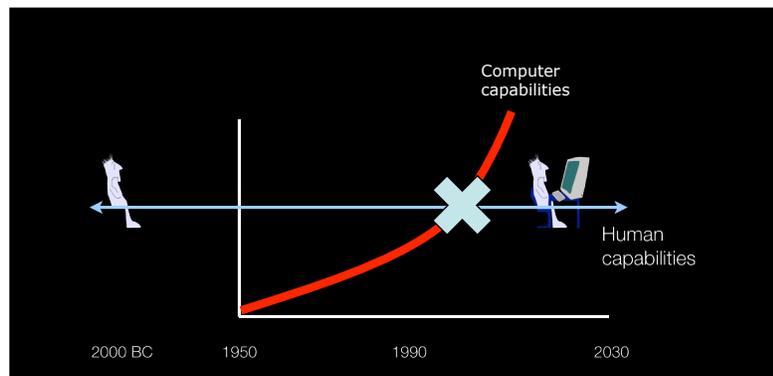
# Cours 4a: Psychologie : Perception, cognition et plus sur la performance motrice

[Anastasia.Bezerianos@Iri.fr](mailto:Anastasia.Bezerianos@Iri.fr)

(basée partiellement sur des transparents de Theophanis Tsantilas)

## capacité humaine

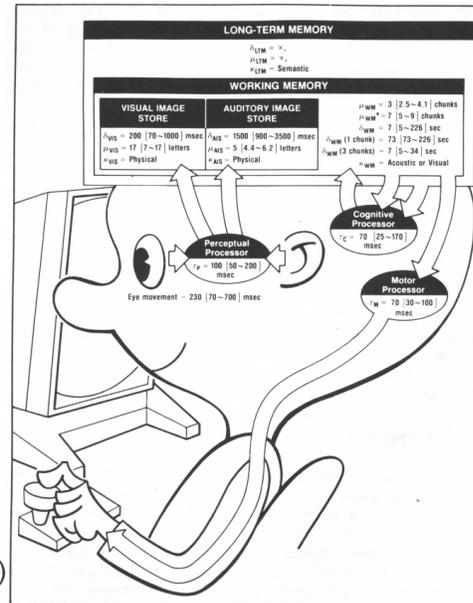
Loi de Moore  
Capacité humaine



Saul Greenberg

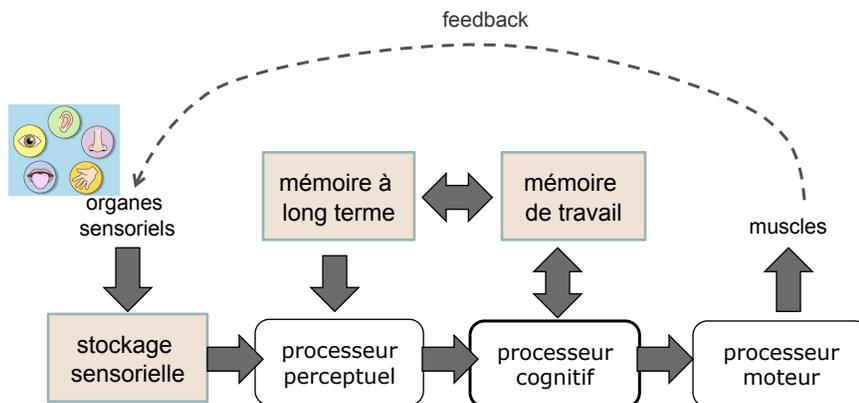
# le processeur humain

Modélisation de l'homme  
comme un système de  
traitement d'information

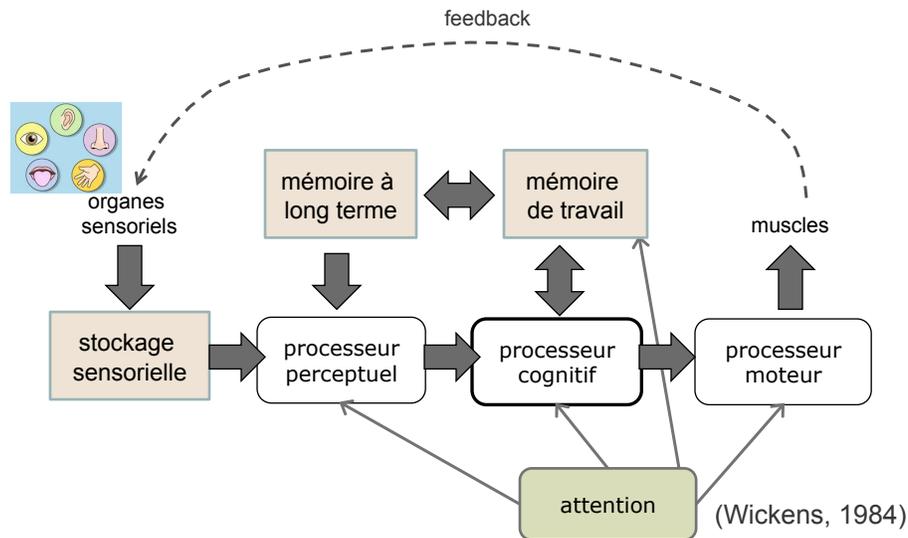


(Card, Moran & Newell 1983)

# le processeur humain



## le processeur humain

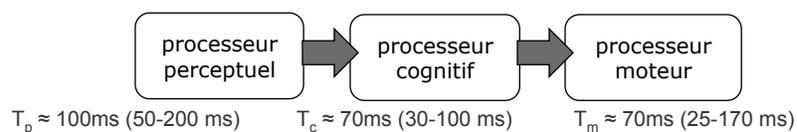


## les processeurs

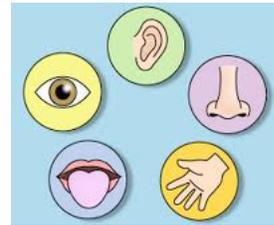
Chaque processeur a un cycle de traitement

Durée nécessaire pour traiter une entrée et produire une sortie

La vitesse d'un traitement dépend de l'individu et des conditions (ex. intensité du stimulus, bruit, alcool,...)  
La vitesse du plus rapide peut être 10 fois plus élevée que la vitesse du plus lent



# perception



## organes sensoriels : l'œil

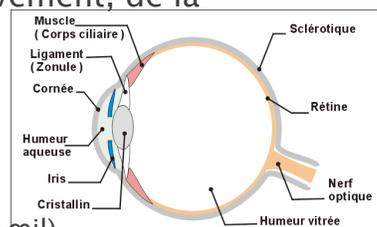
Perception de la couleur, du mouvement, de la profondeur

Champ visuel de 180° (x160°)

Focus d'attention

Acuité visuelle : 0,04mm à 50cm (13° œil)

Fovea centralis (très haute résolution) (3° œil)

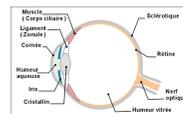


Perception périphérique

Moins sensible aux couleurs

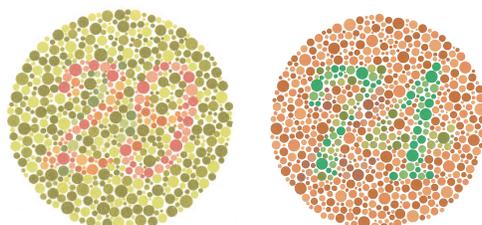
Plus sensible aux mouvements

## perception visuelle

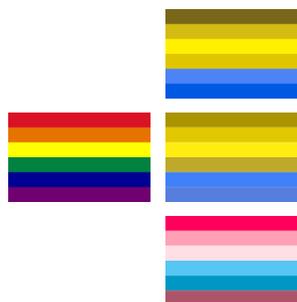


daltonisme rouge-vert est très commun  
(8% des adultes hommes)

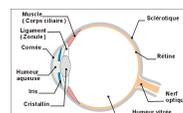
N'utilisez pas que de couleur pour montrer des différences



[Ishihara Test for Colour Blindness](#)



## perception visuelle



Couleurs de différentes longueurs d'onde sont difficiles  
à distinguer

N'utiliser pas du texte rouge sur fond bleu **Text**

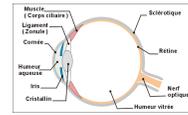
Avec l'âge, le **bleu est plus difficile à lire**

### Cécité au changement (Change Blindness)

Difficile de détecter des changements visuelles lorsque notre  
vision est interrompu

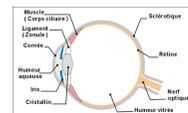
Eviter des changements abruptes

# perception visuelle



<http://www.usd.edu/psyc301/ChangeBlindness.htm>

# perception visuelle



<http://www.usd.edu/psyc301/ChangeBlindness.htm>

## **Gestaltisme (psych. de la forme)**

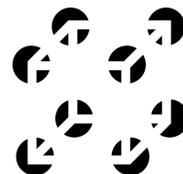
Une théorie selon laquelle les processus de la perception et de la représentation mentale traitent spontanément les phénomènes comme des ensembles structurés (les formes) et non comme une simple addition ou juxtaposition d'éléments

Théorie psychologique, philosophique et biologique qui touche la perception et la cognition

## **Lois gestaltistes de la perception**

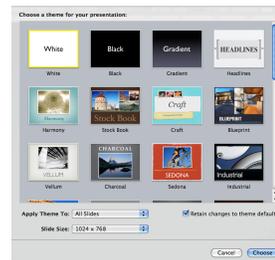
La loi de bonne continuité  
La loi de proximité  
La loi de similitude  
La loi de clôture  
La loi de destin commun  
L'expérience du passé  
Figure et fond

Ces lois agissent en même temps et sont parfois contradictoires



## La loi de bonne continuité

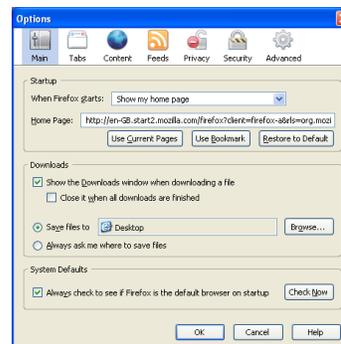
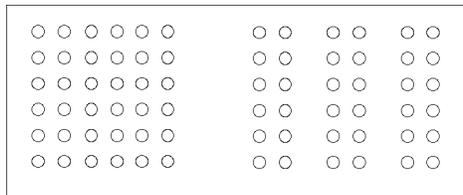
Nous percevons les points rapprochés d'abord dans une continuité, comme des prolongements les uns par rapport aux autres



ex. des éléments de forme différente placés l'un après l'autre

## La loi de proximité

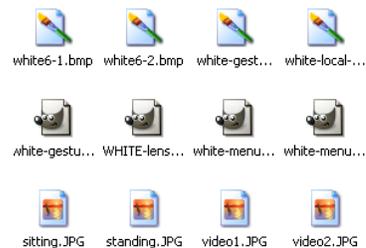
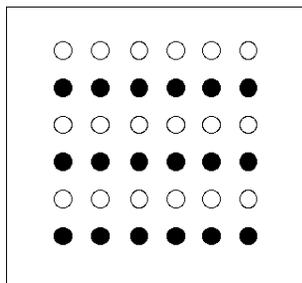
Nous regroupons les points d'abord les plus proches les uns des autres



ex. fonctions dans une boîte de dialogue

## La loi de similitude

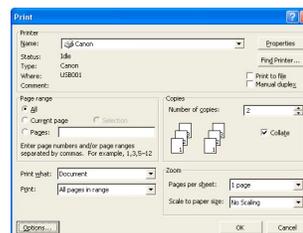
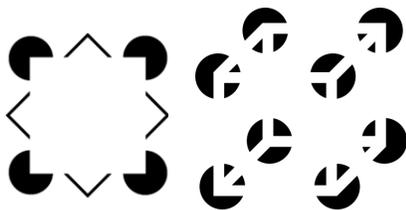
Si la distance ne permet pas de regrouper les points, nous nous attacherons ensuite à repérer les plus similaires entre eux pour percevoir une forme/groupe



ex. icônes similaires pour l'organisation visuelle et la reconnaissance (forme, taille, couleur)

## La loi de clôture

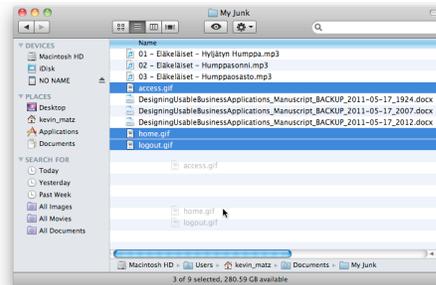
Nous avons la tendance d'«éprouver» les éléments que nous ne percevons pas par notre organes sensoriels afin de compléter une figure régulière (c'est-à-dire augmenter la régularité)



ex. bordures explicites ou implicites

## La loi de destin commun

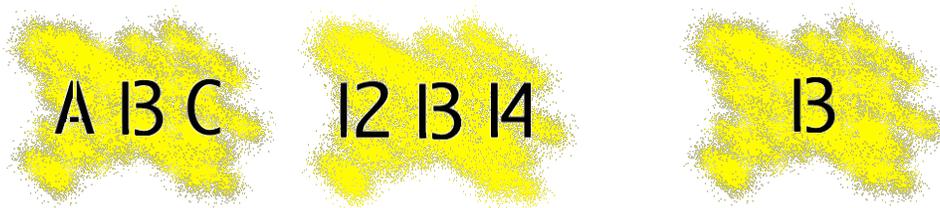
Des parties en mouvement ayant la même trajectoire sont perçues comme faisant partie de la même forme ou groupe



ex. si vous sélectionnez quelques icônes, puis les faites glisser, des copies de tous les icônes sélectionnés sont déplacés ensemble

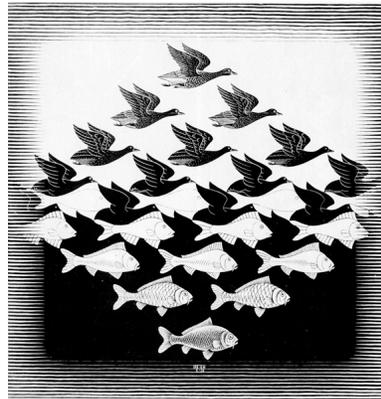
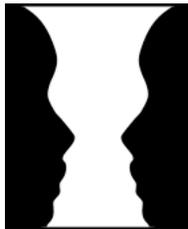
## L'expérience du passé

L'expérience passée et le contexte ont un effet sur la façon dont nous interprétons les éléments du groupe



## figure et fond

La perception consiste en une distinction de la figure (cible) sur le fond (contexte) graphique



## organes sensoriels : l'oreille

Fréquences : 20 Hz à 20KHz

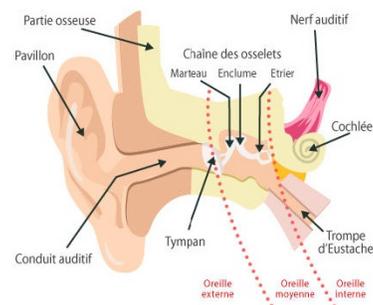
Focus et perception sélective  
Effet « cocktail party »

Effets de masquage

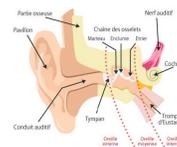
On entend une source sonore mais pas l'autre  
Plusieurs facteurs : intervalle de fréquence, intensité, distance

Localisation d'une source

Corrélation avec la localisation visuelle



## perception auditive



Écouter nécessite moins d'effort que lire  
 Lire est plus rapide que d'écouter  
 La langue écrite est plus permanente que l'audio  
 menus audio brèves

Différences individuelles et les défis  
 préférences et capacités individuelles  
 (lecture) difficile pour les dyslexiques  
 (écoute) facile à oublier  
 ➤ interfaces multimodales

## organes sensoriels : le toucher

Sens tactile : types de récepteurs  
 température (chaud, froid), douleur, pression, toucher.

Sens aussi proprioceptif (vs. extéroceptif)  
 Configuration du corps dans l'espace,  
 donc perception de la forme d'un objet saisi

Sens kinesthésique  
 Perception de l'effort des muscles,  
 donc de la résistance/poids d'un objet

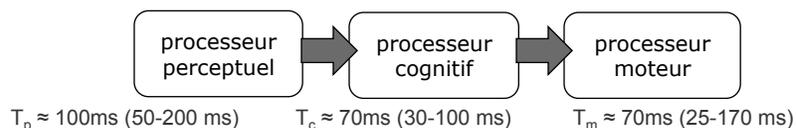


## les processeurs

Chaque processeur a un cycle de traitement

Durée nécessaire pour traiter une entrée et produire une sortie

La vitesse d'un traitement dépend de l'individu et des conditions (ex. intensité du stimulus, bruit, alcool,...)  
La vitesse du plus rapide peut être 10 fois plus élevée que la vitesse du plus lent



## fusion perceptuelle

Deux stimuli dans le même cycle ( $T_p \approx 100\text{ms}$ ) sont fusionnés

ex. deux images consécutives qui apparaissent dans le même cycle ont la tendance d'apparaître comme un seul événement : effet d'animation

## **perception**

Guides:

- Présentation visuelle change la perception
- Faire attention au choix de couleurs
- Eviter des changements brusques
- Utiliser bordures, proximité, similitude etc pour grouper les informations
- Avoir des instructions audio et des menus audio brèves

## **cognition**

## **processus cognitives**

### Responsables des décisions

Comparaisons des stimuli, sélection d'une réponse

### Types

Mécaniques, basés sur des habiletés et l'apprentissage  
(ex. pour marcher, pointer, parler)

Basés sur des règles (ex. il y a un obstacle, il faut tourner  
à droite)

Basés sur des connaissances (résolution de problèmes)

## **attention**

Capacité de l'esprit à se centrer sur les choses/  
objets pertinents

- liée à la perception visuelle et auditive

mais ....

les êtres humains ont des ressources  
cognitives limitées

## attention

Ressources attentionnelles:

attention divisée : de nombreux stimuli,  
attention peu profonde

attention ciblée : les stimuli rares,  
attention profonde



La répétition réduit l'attention nécessaire pour accomplir une tâche

## attention

Il est plus facile de faire attention (se concentrer) à l'information bien structuré

Pennsylvania	
Bedford Motel/Hotel: Crinaline Courts	(814) 623-9511 S: \$18 D: \$20
Bedford Motel/Hotel: Holiday Inn	(814) 623-9009 S: \$29 D: \$36
Bedford Motel/Hotel: Midway	(814) 623-8107 S: \$21 D: \$26
Bedford Motel/Hotel: Penn Manor	(814) 623-8177 S: \$19 D: \$25
Bedford Motel/Hotel: Quality Inn	(814) 623-5189 S: \$23 D: \$28
Bedford Motel/Hotel: Terrace	(814) 623-5111 S: \$22 D: \$24
Bradley Motel/Hotel: De Soto	(814) 362-3567 S: \$20 D: \$24
Bradley Motel/Hotel: Holiday House	(814) 362-4511 S: \$22 D: \$25
Bradley Motel/Hotel: Holiday Inn	(814) 362-4501 S: \$32 D: \$40
Breezewood Motel/Hotel: Best Western Plaza	(814) 735-4352 S: \$20 D: \$27
Breezewood Motel/Hotel: Motel 70	(814) 735-4385 S: \$16 D: \$18

South Carolina		Area code	Phone	Rates	
City	Motel/Hotel			Single	Double
Charleston	Best Western	803	747-0961	\$26	\$30
Charleston	Days Inn	000	001-1000	\$10	\$24
Charleston	Holiday Inn N	803	744-1621	\$36	\$46
Charleston	Holiday Inn SW	803	556-7100	\$33	\$47
Charleston	Howard Johnsons	803	524-4148	\$31	\$36
Charleston	Ramada Inn	803	774-8281	\$33	\$40
Charleston	Sheraton Inn	803	744-2401	\$34	\$42
Columbia	Best Western	803	796-9400	\$29	\$34
Columbia	Carolina Inn	803	799-8200	\$42	\$48
Columbia	Days Inn	803	736-0000	\$23	\$27
Columbia	Holiday Inn NW	803	794-9440	\$32	\$39
Columbia	Howard Johnsons	803	772-7200	\$25	\$27
Columbia	Quality Inn	803	772-0270	\$34	\$41
Columbia	Ramada Inn	803	796-2700	\$36	\$44
Columbia	Vagabond Inn	803	796-6240	\$27	\$30

## attention

Guides :

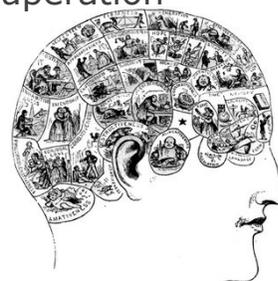
- Éviter les interfaces encombrés avec des icônes/dessins non-fonctionnelles (« clutter »)
- Guider l'attention vers des informations importantes (avec couleur, mouvement)
- Utiliser alarmes et notifications seulement pour les événements critiques
- Structurez/groupez les informations



## mémoire et apprentissage

Le stockage, le maintien et la récupération d'information

- filtrage d'information (quoi)
- et son contexte (quand, où)



## mémoire et apprentissage

Voici quelques articles,



<http://faculty.washington.edu/chudler/puzmatch.html>

## mémoire et apprentissage

Voici quelques articles, les quels?

<http://faculty.washington.edu/chudler/puzmatch.html>

# mémoire et apprentissage

## Mémoire à court terme

Mémoire de travail  
Faible capacité :  $7 \pm 2$  items  
Faible durée de stockage (10 – 30s)

## Mémoire à long terme

Capacité infinie  
Durée de stockage illimitée  
Accès associatif



- Apprentissage et mémorisation par répétition (court terme → long terme)
- Interférences provoque une dégradation plus rapide de la mémoire à courte terme

## Regroupement

Les éléments de la perception et de la mémoire sont regroupés en unités : « chunks »

Essayez de mémoriser ce numéro: 456789067

## Regroupement

Les éléments de la perception et de la mémoire sont regroupés en unités : « chunks »

Essayez de mémoriser ce numéro: 456789067

...et après celui-ci : 456-789-067

## Regroupement

Les éléments de la perception et de la mémoire sont regroupés en unités : « chunks »

Essayez de mémoriser ce numéro: 456789067

...et après celui-ci : 456-789-067

Codes postaux : J4R 8H2

Le nombre magique  $7 \pm 2$  de la mémoire à court terme s'applique au nombre des « chunks » plutôt qu'au nombre des éléments uniques.

## 7 groupes

Ce que certains concepteurs d'interfaces font:

- 7 options dans un menu
- 7 puces dans les diapositives
- 7 icônes dans les barres d'outils
- 7 éléments dans un onglet

est-il une action de rappel (mémorisation) ou de reconnaissance?

## Rappel et reconnaissance

Nous sommes mieux à reconnaître qu'à se souvenir (se rappeler)

ex. ligne de commande vs GUI

boîte de recherche vs liste des options

raccourci clavier vs actions dans le menu

Nous sommes mieux au rappel des images que des mots

ex. icônes vs items du menu

# Interférences: l'effet Stroop

Test 1

Identifier la **couleur** des mots suivants dans l'ordre,  
le plus rapidement possible

## l'effet Stroop

**Livre**

**Crayon**

**Voiture**

**Camion**

**Chapeau**

# **l'effet Stroop**

Test 2

Identifier la **couleur** des mots suivants dans l'ordre,  
le plus rapidement possible

# **l'effet Stroop**

**Noir**  
**Bleu**  
**Rouge**  
**Vert**  
**Orange**

## L'effet Stroop

Interférence entre une tâche principale (*identifier la couleur*) et un processus cognitif (*lire un mot*)

➔ Effet sur le temps de réaction et sur le pourcentage d'erreurs

## Mémoire et apprentissage

Guides:

Éviter des procédures complexes (risque d'interférence)

Rappel et reconnaissance (faciliter les deux) mais la reconnaissance est préférée

ex. menus, icônes, listes de sélection

placement consistant

ex. boutons « OK » / « Cancel »

Regrouper les informations liées

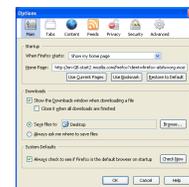
ex. onglets, sous-menus

Aider à l'apprentissage associatif

ex. Aide, Conseils

Aider les associations et contexte

ex. couleurs, des étiquettes, métadonnées temporelles



## Éternalisation de cognition

Les représentations externes et les outils pour soutenir la cognition

- extériorisation pour réduire la charge cognitive
- déchargement de computation
- annotation et trace cognitif



## Éternalisation de cognition

Extériorisation pour réduire la charge cognitive (mémoire)

ex. Les agendas, les calendriers, les notes, les listes, ...

Les représentations externes nous rappellent:

- qu'il faut faire qqc (ex. une alerte)
- quoi faire (ex. payer des impôts)
- quand le faire (ex. le 15 février)



## Éternalisation de cognition

Déchargement de computation

ex. papier et stylo, calculatrice, tableur

Essayez de calculer  $234 \times 456 = ?$

(a) dans votre tête,

(b) sur papier et

(c) avec une calculatrice



## Éternalisation de cognition

Annotation : modifier les représentations existantes avec des marques

ex. franchiser les taches terminées, souligner les taches importantes

Trace Cognitive : manipuler ou voire l'ordre des éléments

ex. jouer au scrabble, cartes à jouer, historique, réorganisation des listes



## système moteur

## système moteur

Un mouvement est une suite de micro-mouvements

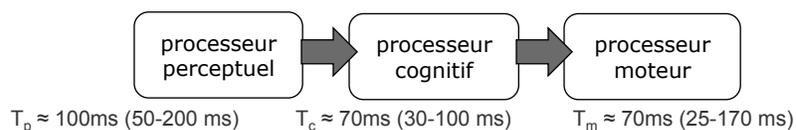
### Contrôle ouvert (open-loop)

Le moteur fait une action autonome sans feedback

Durée du cycle :  $T_m \approx 70\text{ms}$

### Contrôle fermé (closed-loop)

Le mouvement musculaire est aperçu et comparé à un résultat souhaité  $T_{\text{total}} = T_p + T_c + T_m \approx 240\text{ms}$



## temps de réaction



Une ampoule sera allumée. Appuyez sur le bouton associé (avec votre cerveau) le plus vite possible.

## temps de réaction



## temps de réaction



## temps de réaction



## Loi de Hick-Hyman

Décrit le temps qu'il faut pour prendre une décision simple en fonction du nombre des choix

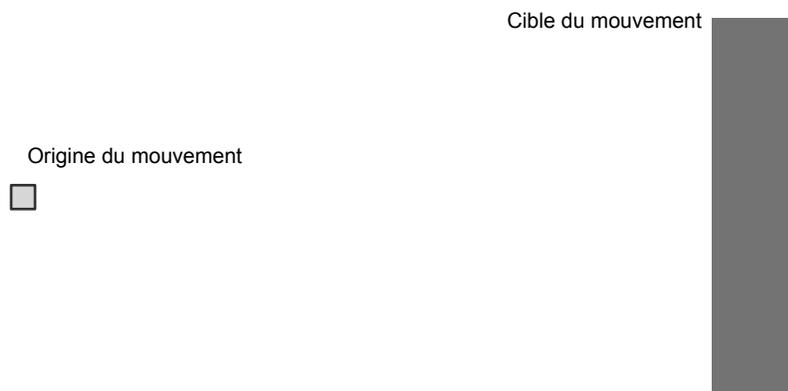
$$T = a + b \cdot \log_2(n+1)$$

$n$  : nombre des choix

$a, b$  : constantes

Les gens divisent le nombre total de choix en catégories : recherche binaire

## temps de mouvement



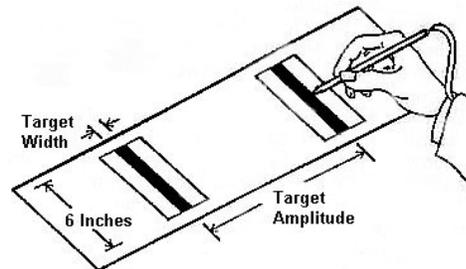
Tâche : Mettez le curseur sur l'origine et pointer sur la cible le plus vite possible. Essayez de minimiser les erreurs.

## loi de Fitts

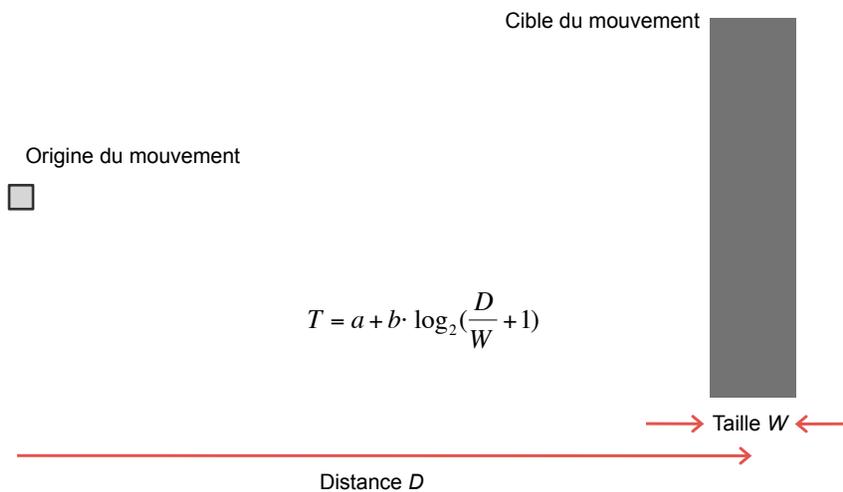
Décrit la durée du mouvement en fonction de la distance  $D$  de la cible et de sa taille  $W$

$$T = a + b \cdot \log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right)$$

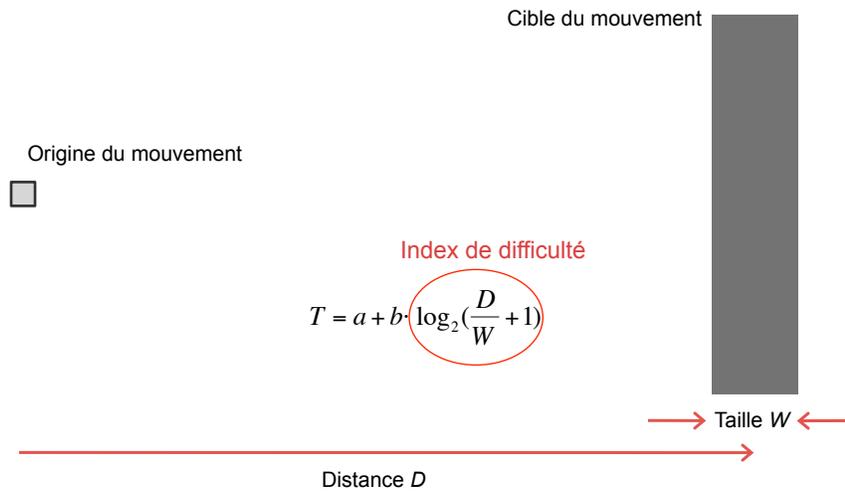
$a, b$  : constantes



## loi de Fitts

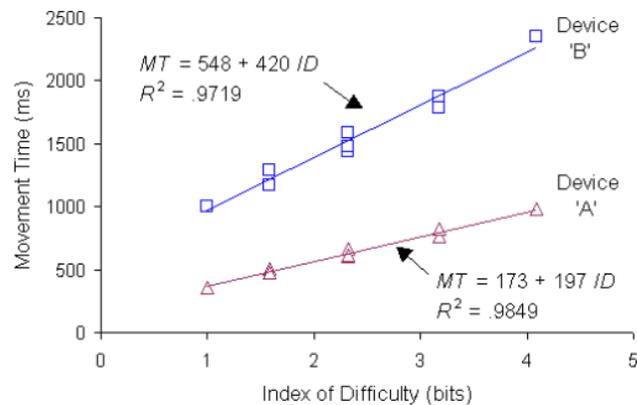


## loi de Fitts

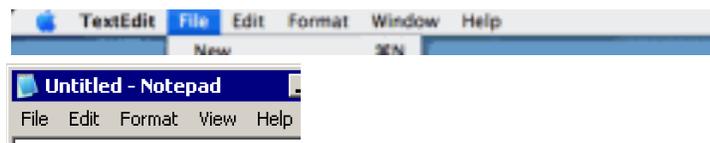


## loi de Fitts

Exemple de données réelles pour deux dispositifs d'entrée différents. L'équation est le produit d'une régression linéaire sur les moyens des utilisateurs pour chaque combinaison de D, W



## pointage: loi de Fitts

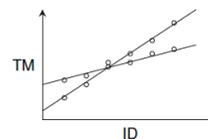
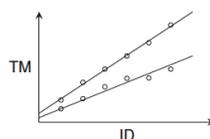


## pointage: loi de Fitts et IHM

Design d'interface (clavier logiciel, interface adapté à différent type d'utilisateurs, ...)

Technique de Pointage: réduire  $D$  ou agrandir  $W$

Pour comparer les performances entre périphériques d'entrée (souris, touchpad, tablette ...)



La pente de la droite comme un indice de performance

## techniques de pointage

“Battre la Loi de Fitts” en réduisant  $D$  ou agrandissant  $W$



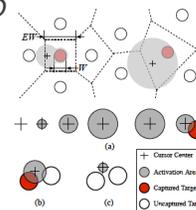
- Agrandir la taille des cibles lorsque le curseur se trouve dessus (Mac OS X Doc) <http://profs.loqti.etsmtl.ca/mmcquffin/research/expandingTargets/>

- Agrandir  $W$  dans l'espace moteur [Blanch et al.] <http://iihm.imag.fr/blanch/projects/semantic-pointing/>

- Prédiction de la position de la cible pour réduire  $D$  <http://patrickbaudisch.com/projects/dragandpop/index.html>

- Bubble cursor [Grossman & Balakrishnan] [http://youtu.be/JUBXkD\\_8ZeQ](http://youtu.be/JUBXkD_8ZeQ)

- DynaSpot [Chapuis & al.] <http://youtu.be/itb1y5PMEOc>



## mouvements canalisés

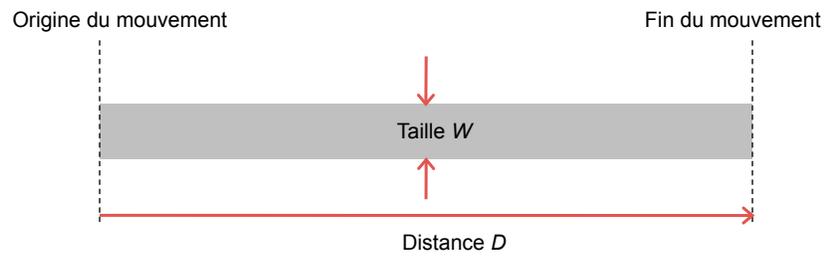
Origine du mouvement

Fin du mouvement



Tâche : Traversez le canal avec le curseur sans sortir.  
Complétez la tâche le plus vite possible. Essayez de minimiser les erreurs.

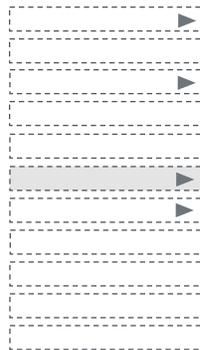
## mouvements canalisés



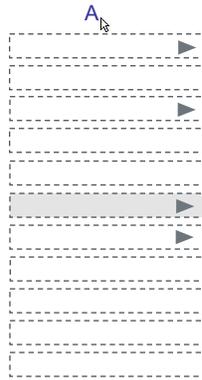
Loi du mouvement canalisé (« steering law »)

$$T = a + b \frac{D}{W} \quad \alpha, b : \text{constantes}$$

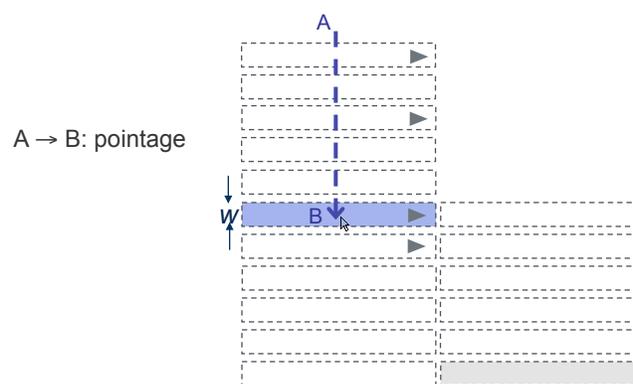
## mouvement et menus



## mouvement et menus

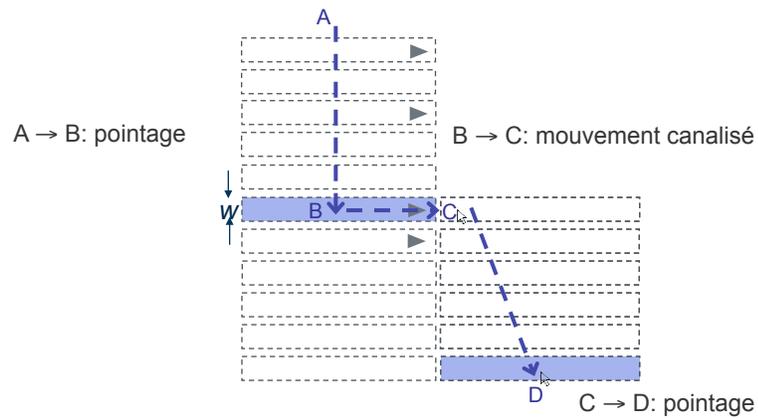


## mouvement et menus



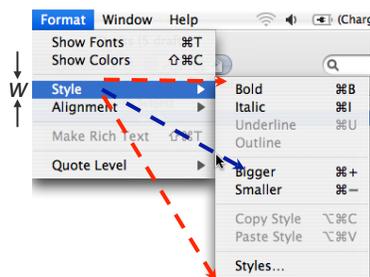


## mouvement et menus



$$T \approx a + b_1 \cdot \log_2\left(1 + \frac{|AB|}{W}\right) + b_2 \cdot \frac{|BC|}{W} + b_1 \cdot \log_2\left(1 + \frac{|CD|}{W}\right)$$

## les menus de Mac OS X



la taille du canal  $\gg W$

## choix et recherche visuelle

Et le temps passé pour identifier un item dans un menu ?

Trouvez l'Item 7 !

## choix et recherche visuelle

Et le temps passé pour identifier un item dans un menu ?

Item 1
Item 2
Item 3
Item 4
Item 5
Item 6
Item 7
Item 8
Item 9
Item 10
Item 11

Trouvez l'Item 7 !

## choix et recherche visuelle

Et le temps passé pour identifier un item dans un menu ?

Item 9
Item 2
Item 3
Item 1
Item 8
Item 6
Item 11
Item 5
Item 7
Item 4
Item 10

Trouvez l'Item 7 !

## choix et recherche visuelle

Et le temps passé pour identifier un item dans un menu ?

1. Si les items sont en ordre (ex. alphabétique), le temps de choix est approximé par la loi de Hick (logarithmique)

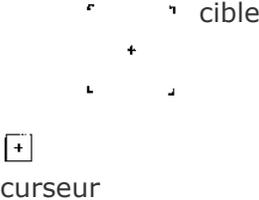
→ *utilisation expert*

2. Si les items sont placés par hasard et l'utilisateur ne connaît pas leurs positions, l'utilisateur doit chercher la cible de façon linéaire (plutôt que logarithmique)

→ *utilisation novice*

## interaction bi-manuelle

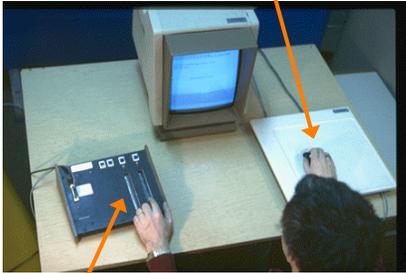
contrôle de position :  
puck sur une tablette



cible

curseur

le curseur doit être positionné  
et appliqué sur la cible



contrôle de la taille : slider

Résultat : Mouvements parallèles pour 40.9% du temps

(Buxton & Myers, 1986)

## interaction bi-manuelle

Une 2<sup>ème</sup> expérience a montré que l'interaction bi-manuelle est plus rapide que l'interaction uni-manuelle pour une tâche de navigation/sélection.

(Buxton & Myers, 1986)

## modèle de la chaîne cinématique (Guiard, 1987)

La chaîne cinématique est une séquence de moteurs abstraits

- ex. épaule -> coude -> poignet -> doigt

Pour chaque liens da la séquence (ex. poignet -> doigt) le 2<sup>ème</sup> élément (doigt) gère son mouvement par rapport du mouvement du 1<sup>er</sup> élément (poignet)

## modèle de la chaîne cinématique (Guiard, 1987)

La chaîne cinématique est une séquence de moteurs abstraits

- ex. épaule -> coude -> poignet -> doigt

Pour chaque liens da la séquence (ex. poignet -> doigt) le 2<sup>ème</sup> élément (doigt) gère son mouvement par rapport du mouvement du 1<sup>er</sup> élément (poignet)

➔ Hypothèse : Le mouvement bi-manuel fonctionne comme une chaîne cinématique

*main non-dominante -> main dominante*

## **modèle de la chaîne cinématique (Guiard, 1987)**

Principes :

1. La main dominante se déplace dans le cadre de référence établi par la main non-dominante.
2. Asymétrie dans l'échelle de fonctionnement. Les mouvements de la main dominante sont plus précis.
3. La main non-dominante précède la main dominante.  
(ex. la main gauche positionne la feuille du papier et après la main droite commence à écrire)

## **vérification du modèle**

Manipulation d'objets physiques (Hinckley, 1997)

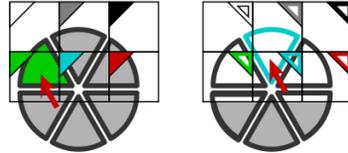
- Asymétrie entre les deux mains pour les tâches difficiles
- ...mais, l'asymétrie disparaît quand les tâches deviennent assez faciles

Plusieurs travaux ont étudié d'autres aspects du modèle

- Feedback visuel et séparation de l'espace d'entrée (Balakrishanan & Hinckley, 1999)
- Tâches symétriques (Balakrishanan & Hinckley, 2000)

## toolglasses

Palettes de filtres superposées sur les objets d'intérêt



Interaction bi-manuelle

- main gauche positionne les filtres (toolglasses)
- main droite sélectionne le filtre sur un objet

## interaction bi-manuelle et interfaces tangibles

