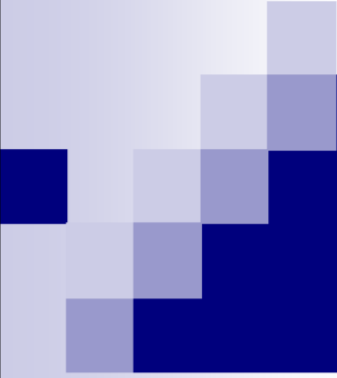
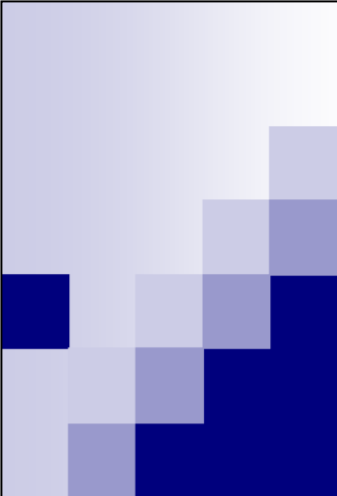


Ce document est réservé aux étudiants inscrits en 3^{ème} année de licence en Informatique à l'université Paris-Saclay. Toute copie ou diffusion est interdite sans l'autorisation de l'auteur.



Interfaces Interactives Avancées

Ouriel Grynszpan
Professeur, Université Paris-Saclay
LISN lisn.upsaclay.fr



Modèles de l'utilisateur

Modèles mentaux utilisateurs

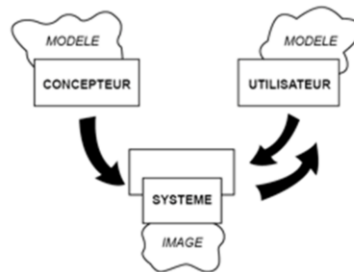
- Chacun forme ses propres représentations mentales du fonctionnement d'un système
- Exemple :
 - Comment utiliser une télé? Comment fonctionne une télé?
 - Régler un thermostat à une plus haute température permet-il d'avoir chaud plus vite?
- Besoin de transparence des systèmes

3

Un ingénieur spécialisé en TV aura un modèle mental du fonctionnement d'une télé meilleur que celui d'un utilisateur lambda, bien que ce dernier ait une représentation mentale de l'utilisation d'une télé. Beaucoup de gens pensent qu'en réglant un thermostat à une température haute, leur maison chauffera plus vite. Pourtant un thermostat ne permet pas de contrôler la vitesse à laquelle la température augmente, seulement la température maximale à atteindre.

Modèles mentaux

- Accorder les modèles mentaux



Le rôle du concepteur est de se représenter le modèle mental de l'utilisateur et d'adapter en conséquence le design du système.

Cognition distribuée

- Système d'interactions entre individus, appareils et environnement

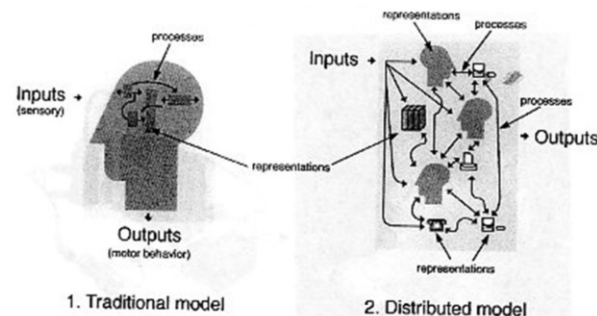
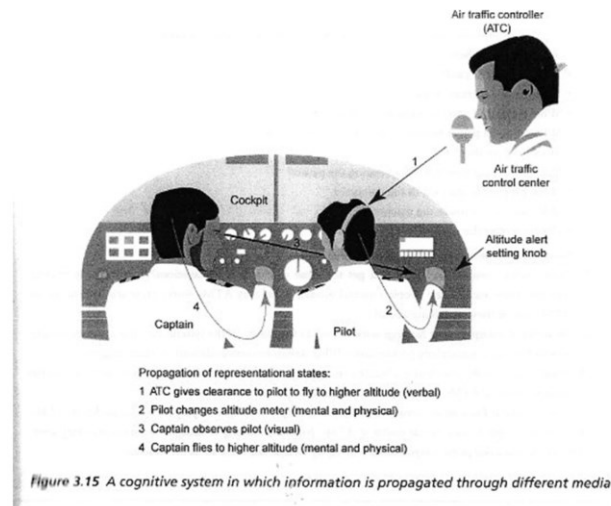


Figure 3.14 Comparison of traditional and distributed cognition approaches
(Perry, in *HCI Models, Theories & Frameworks*, 2003)

5

L'objectif de l'approche par cognition distribuée consiste à décrire comment l'information se propage. En effet, au fur et à mesure que l'information est transmise, elle est présentée, représentée et re-représentée.

Exemple de cognition distribuée

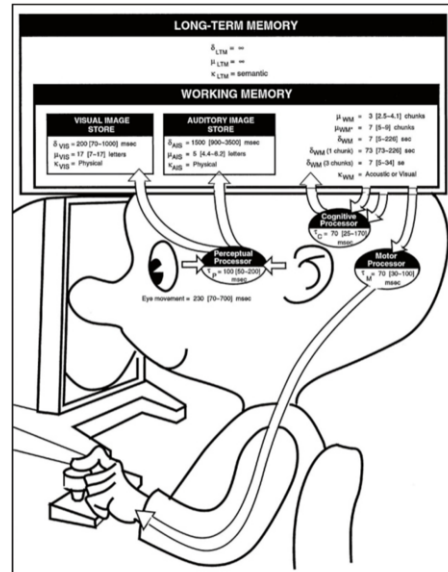


6

Dans un cockpit, lorsqu'un contrôleur aérien prévient qu'il est possible de monter en altitude, il en informe le co-pilote, qui transforme l'information verbale en une information visuelle (levé d'un levier) destinée au pilote. Puis, le pilote transforme cette information en action.

Human Processor Model

- Métaphore de l'utilisateur comme processeur d'information



Card, Moran & Newell, *Human-Computer Interaction*, 1985

7

Le modèle cognitif « Human Processor Model » de Card, Moran et Newell (1983) est basé sur la métaphore de l'utilisateur comme un ensemble de processeurs traitant l'information de manière séquentielle. Ce modèle a pour but de permettre de prédire les temps pris par chaque processus cognitif dans l'interaction humain machine. Il est utile pour comparer différentes interfaces.

Human Processor Model

- Objectif: prédire la performance sur une tâche
- Humain = ensemble de mémoires, processeurs et principes d'opérations
- 3 sous-systèmes:
 - Perceptif
 - Moteur
 - Cognitif

8

Le système perceptif est constitué d'organes sensoriels et registres mémoires dont les plus importants collectent les images visuelles et auditives. Le système cognitif traite l'information provenant de la mémoire de travail et la mémoire à long terme. Le système moteur produit la réponse.

Interaction avec l'ordinateur

- Systèmes importants:
 - Bras – main – doigt
 - Oeil – tête
- Actions :
 - Changements physiques
 - Changements mentaux

9

Les interactions classiques avec l'ordinateur sollicitent de manière prépondérante les systèmes « bras-main-doigt » et « œil-tête ». Les actions de l'utilisateur engendrent des changements physiques au niveau de l'interface et des changements mentaux chez l'utilisateur lui-même. Dans le cadre du « Human Processor Model », Card, Moran et Newell ont développé le système GOMS pour rendre compte de ces changements.



Exemple: Opérations dans l'édition de texte

- Prélever de l'information du manuscrit
- Prélever de l'information de l'IHM
- Pointer sur l'IHM
- Faire défiler le texte
- Déplacer le curseur
- Insérer
- Effacer
- Remplacer
- Taper du texte

10

Le human processor model a été testé sur des utilisateurs utilisant des éditeurs de texte. Des opérations courantes consistaient à se déplacer dans le texte (atteindre une ligne donnée ou un caractère particulier), sélectionner un caractère ou un mot, puis effacer, insérer ou remplacer du texte.

Keystroke-Level Model (1/2)

K	Taper sur une touche du clavier (Keystroking)
P	Pointer, diriger la souris (ou un média équivalent) vers une cible (Pointing)
H	Alterner avec la main entre le clavier et la souris (Homing)
D	Dessiner des lignes avec la souris (Drawing)
M	Se préparer mentalement pour une action physique (M pour Mentally)
R	La réponse système qui peut être ignorée dans certains cas. (Response)

(Card et al., 1983)

11

Card et collègues ont analysé plusieurs études empiriques pour déduire des temps moyens correspondant aux opérations les plus courantes durant une tâche informatique de bureautique. Les auteurs ont conçu le système KLM (Keystroke-Level Model) afin de calculer le temps d'exécution d'une tâche. Il est composé de quatre opérateurs physiques, K (taper sur une touche, i.e. keystroking), P (pointer, i.e. pointing), H (alterner entre le clavier et la souris, i.e. homing) et D (dessiner des lignes, i.e. drawing), d'un opérateur mental M, et d'un opérateur pour la réponse système R.

Keystroke-Level Model (2/2)

- Calcul du temps d'exécution

- Temps de réalisation

- $T_{\text{t\^ache}} = T_{\text{acquisition}} + T_{\text{ex\^ecution}}$

- Phase ex\^ecutive

- $T_{\text{ex\^ecution}} = T_K + T_P + T_H + T_D + T_M + T_R$

(Card et al., 1983)

12

Le temps d'ex\^ecution est \^egal \^a la somme des temps n\^ecessaires pour chacun de ces op\^erateurs. L'op\^erateur M repr\^esente la pr\^eparation mentale requise pour effectuer des op\^erations physiques.

Temps des opérations

■ Estimation expérimentale:

- $K \approx 0.28 \text{ s}$ (B pour souris)
- $P \approx 0.8 - 1.5 \text{ s}$ (typ. 1.1 s)
- $H \approx 0.4 \text{ s}$
- $D \approx 0.9 \times n + 0.16 \times d$ (n segments de longueur moyenne d)
- $M \approx 1.2 \text{ s}$
- R dépend du système

(D'après Jacquet, 2008)

13

Un exemple d'utilisation du KLM fut le projet Ernestine (Gray et al., *Human-Computer Interaction*, 1993) : de nouvelles plateformes ergonomiques pour des opérateurs téléphoniques ont été analysés à l'aide de ce système et il s'est avéré qu'elles étaient moins performantes que les plateformes déjà en fonctionnement. Cette analyse a permis à la compagnie de téléphonie de ne pas investir dans cette technologie inefficace.

Un désavantage de cette méthode est qu'elle permet de prédire des utilisations standards. Le modèle est difficilement applicable pour les applications flexibles pouvant donner lieu à de multiples manière de faire.



Que fait-on en cas d'erreur ?

- 1) Erreur
- 2) Détection de l'erreur
- 3) Réinitialisation
- 4) Correction
- 5) Reprise de l'activité sans erreur

KLM – Exemple

■ Corriger une erreur de dactylographie:

1	Prendre la souris	H[SOURIS]
2	Positionner la souris sur le caractère erroné	PB[CLICK GAUCHE]
3	Retourner vers le clavier	H[CLAVIER]
4	Effacer le caractère	K[SUPPRIMER]
5	Taper le caractère correct	MK[CHAR]
6	Repositionner la souris	H[SOURIS]MPB[GAUCHE]

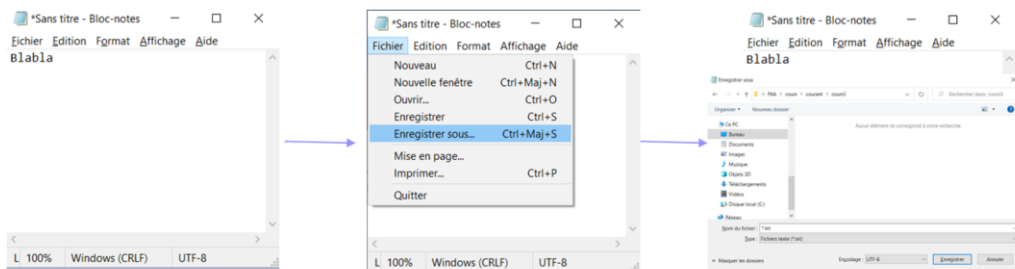
(Dix, Finlay, Abowd & Beale, *Human-Computer Interaction*, 1998)

15

Pour utiliser les système KLM, il faut décomposer la tâche de l'utilisateur en opérations élémentaires, puis additionner les temps associés à chacune de ces opérations (ci-dessus un exemple). Un M est inséré chaque fois que l'utilisateur doit se rappeler un élément d'information.

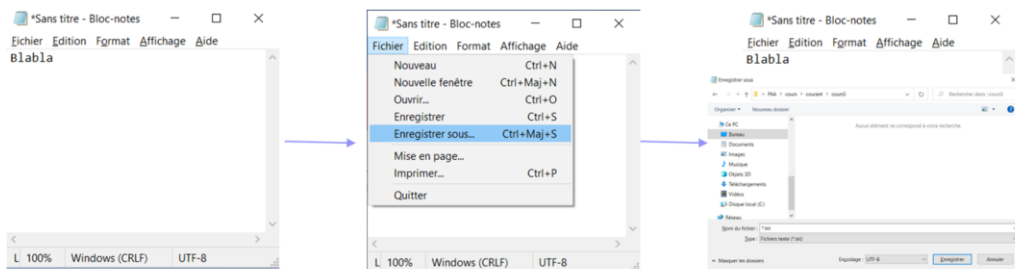
Exercice

- Calculer le temps d'exécution pour enregistrer un fichier texte avec Notepad



Exercice

- Calculer le temps d'exécution pour enregistrer un fichier texte avec Notepad



$$T_{\text{exécution}} = T_H + T_P + T_B + T_P + T_B + T_H + T_M + n \times T_K + T_H + T_P + T_B$$

17

On commence avec les mains sur le clavier

Le pointage

Pointage

- Apparaît durant la 1^{ère} année de vie
- Fondement de l'attention conjointe
- Opération de contrôle moteur
- Coordination oculo-manuel



19

Le geste de pointage est un des fondements de la communication humaine. Il permet l'attention conjointe, c'est-à-dire l'attention de deux personnes ou plus sur un même objet d'intérêt.

Geste de pointage

- Compromis precision-vitesse
 - Accélération au démarrage du mouvement
 - Décélération à l'approche de la cible
 - Paramètres du geste de pointage:
 - Distance entre position de départ et cible
 - Taille de la cible
- Applicable aux GUI



20

L'action de pointée requiert un compromis entre vitesse de mouvement et précision du mouvement pour bien pointer sur le bon objet.

GUI: Graphic User Interface

Loi de Fitts

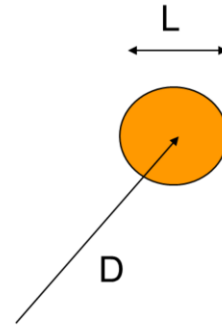
- Temps du moteur pour atteindre une cible

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

a, b : constantes empiriques

D: distance jusqu'au centre de la cible

L: Taille de la cible



(Fitts, 1954)

21

La loi de Fitts est une loi comportementale qui permet d'estimer le temps mis par un geste de pointage en fonction de la distance jusqu'à la cible et la taille de la cible. L'intérêt de cette loi est d'aider les concepteurs à décider où positionner les boutons. Plus la cible est grosse, plus le geste de pointage sera rapide. Un exemple d'utilisation de cette loi est l'étude de Nokia pour prédire les temps de saisie sur un téléphone portable ayant 12 touches.

Loi de Fitts

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

- a : constante de temps (e.g. appui souris)
- b : liée à l'index de performance (IP)

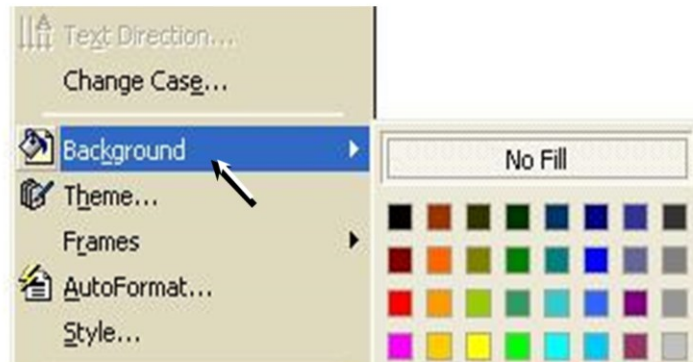
$$IP = \frac{1}{b} \text{ (bits/sec)}$$

22

Les constantes a et b dépendent de paramètres contextuels, par exemple le périphérique utilisé ou les caractéristiques de l'utilisateur. On les calcule de manière empirique.

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

- Utilisation d'un tunnel pour sélectionner un sous menu ?

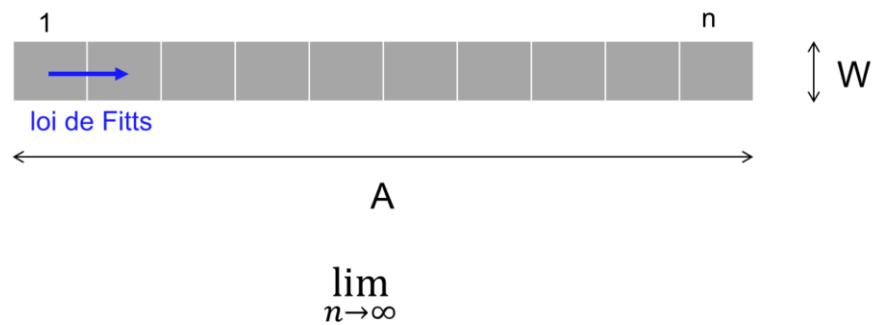


23

On peut calculer le temps pour parcourir un tunnel permettant d'accéder à un sous-menu à partir de la loi de Fitts.

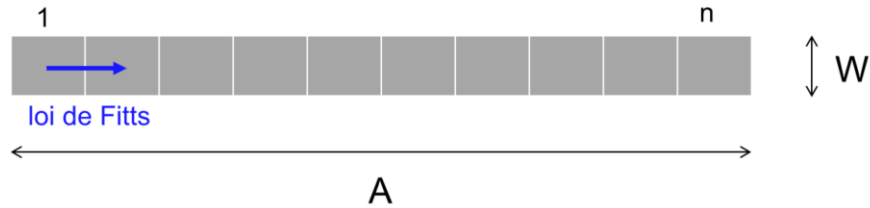
Steering Law (loi de Accot-Zhai)

Exercice: A partir de la loi de Fitts, où l'on suppose $a=0$, calculez la formule permettant d'évaluer le temps nécessaire pour traverser le tunnel. Considérez dans un premier temps que la tâche consiste en n sous-tâches de pointage dans le tunnel, puis faites tendre n vers l'infini.



Steering Law (loi de Accot-Zhai)

Exercice: A partir de la loi de Fitts, où l'on suppose $a=0$, calculez la formule permettant d'évaluer le temps nécessaire pour traverser le tunnel. Considérez dans un premier temps que la tâche consiste en n sous-tâches de pointage dans le tunnel, puis faites tendre n vers l'infini.

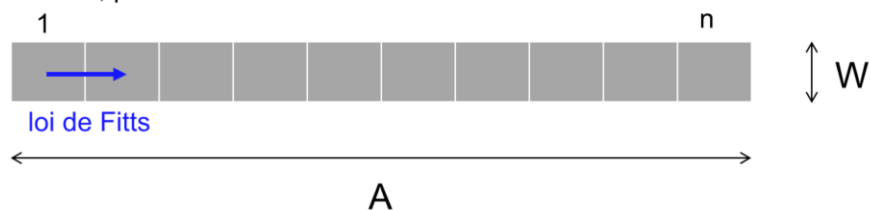


Pour un déplacement d'une case i à la prochaine: $D = \frac{A}{n}$ et $L = W$

$$\text{Donc } t_i = b \times \log_2 \left(\frac{A}{nW} + 1 \right)$$

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

Exercice: A partir de la loi de Fitts, où l'on suppose $a=0$, calculez la formule permettant d'évaluer le temps nécessaire pour traverser le tunnel. Considérez dans un premier temps que la tâche consiste en n sous-tâches de pointage dans le tunnel, puis faites tendre n vers l'infini.



Quand on somme sur toutes les cases:

$$\sum_{i=0}^n t_i = \sum_{i=0}^n b \times \log_2 \left(\frac{A}{nW} + 1 \right) = n \times b \times \log_2 \left(\frac{A}{nW} + 1 \right)$$

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

Exercice: A partir de la loi de Fitts, où l'on suppose $a=0$, calculez la formule permettant d'évaluer le temps nécessaire pour traverser le tunnel. Considérez dans un premier temps que la tâche consiste en n sous-tâches de pointage dans le tunnel, puis faites tendre n vers l'infini.



Un peu d'arithmétique:

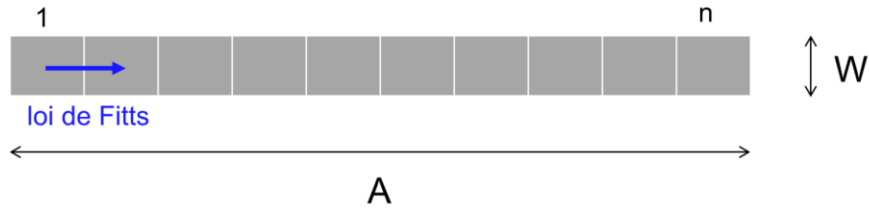
$$\sum_{i=0}^n t_i = n \times b \times \log_2 \left(\frac{A}{nW} + 1 \right) = \frac{bA}{W} \times \frac{nW}{A} \times \log_2 \left(\frac{A}{nW} + 1 \right)$$

En posant $x = \frac{A}{nW}$, on obtient $\sum_{i=0}^n t_i = \frac{bA}{W} \times \frac{\log_2(x+1)}{x}$

27

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

Exercice: A partir de la loi de Fitts, où l'on suppose $a=0$, calculez la formule permettant d'évaluer le temps nécessaire pour traverser le tunnel. Considérez dans un premier temps que la tâche consiste en n sous-tâches de pointage dans le tunnel, puis faites tendre n vers l'infini.



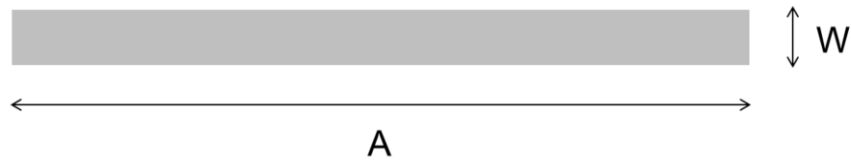
$$x = \frac{A}{nW} \quad \sum_{i=0}^n t_i = \frac{bA}{W} \times \frac{\log_2(x+1)}{x}$$

Quand n tend vers l'infini, x tend vers 0. Or: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(x+1)}{x} = 1$, donc $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log_2(x+1)}{x} = \frac{1}{\ln 2}$

$$\text{Ainsi : } T = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=0}^n t_i = \frac{bA}{W \ln 2}$$

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

■ Tunnel droit :



$$T = b \frac{A}{W}$$

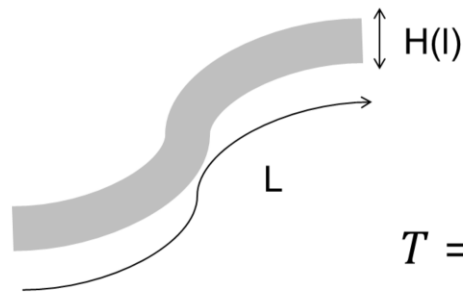
b : constante empirique

29

La loi de Accot-Zhai dérive de la loi de Fitts. Elle donne le temps pour traverser un tunnel (ie un rectangle) de longueur A et hauteur W sans en sortir. C'est une opération typique de « glisser » avec une souris, par exemple lorsqu'on fait une glisser-déposer (drag-and-drop).

Steering Law (loi de Accot-Zhai)

■ Tunnel courbe :



$$T = b \int_0^L \frac{dl}{H(l)}$$

b : constante empirique

30

Ci-dessus une version adaptée de la loi de Accot-Zhai pour un tunnel courbe.



LA PRISE DE DÉCISION

31

Loi de Hick-Hyman

- Le temps qu'une personne passe à prendre une décision dépend de la quantité des alternatives qui existent
- Nombre d'options $\uparrow \Rightarrow$ Temps de decision $\uparrow$

Loi de Hick-Hyman

- Temps moyen requis pour choisir

$$T = b \times \log_2(n + 1)$$

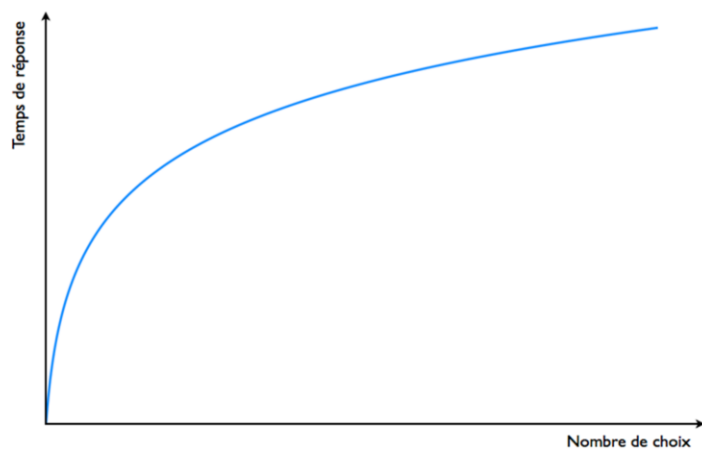
T : le temps de réponse.

b : une constante expérimentale en fonction de la situation.

n : le nombre de choix.

Le +1 correspond à la décision de répondre ou non.

Loi de Hick-Hyman



Généralisation de la loi

- $T = b \times H$
- H est l'entropie
- $H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \left(\frac{1}{p_i} + 1 \right)$
où p_i est la probabilité de choix de l'élément i



Applicabilité de la loi

- Choix simples (style stimulus-réponse)
- Tâches peu complexes
- Familiarité équivalente des différents choix