Interaction Homme-Machine
Méthodes et Modèles de la Psychologie Expérimentale

Sélection de diapositives

Yves Guiard

Laboratoire de traitement et de communication de l’information

TELECOM ParisTech

2.1 Variables et niveaux de la mesure

– Variables indépendantes (VI) ou facteurs vs. variables dépendantes (VD) ou mesures

Entrée (manipuler) et sortie (observer)

– Variables discrètes/continues

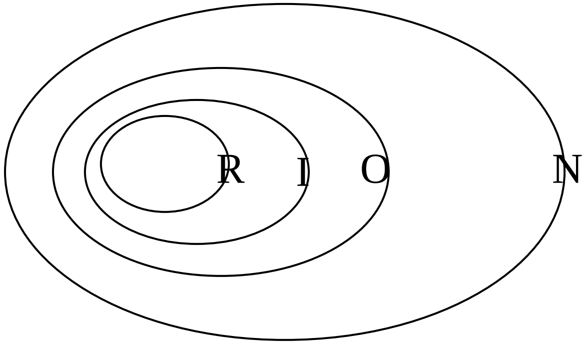
– Niveau de la mesure

Echelle nominale e.g., type de matériel…

Echelle ordinale e.g., glacial, froid, tiède, chaud, brûlant

Echelle d'intervalle e.g., température, notation scolaire ABCDE?

Echelle de rapport e.g., poids, durée…



Loi de Fitts

- Version log
  - Fitts (1954) $TM = a + b \log_2(2\boldsymbol{D/W})$
  - Mackenzie (1992) $TM = a + b \log_2(\boldsymbol{D/W} + 1)$

- Version linéaire
  - Schmidt et al. (1979) $TM = a\, \boldsymbol{D/W}$

- Version puissance
  - Meyer et al. (1988) $TM = a\, (\boldsymbol{D/W})^{1/2}$

Loi de Fitts

Forme générique de la loi

$$\boldsymbol{ID = \mathrm{f}\,(D/W)} \qquad (1)$$

$$\boldsymbol{TM = a + b * ID} \qquad (2)$$

Le *TM* varie avec l'*amplitude relative* du mouvement

Loi de variation *et* d'invariance d'échelle

Faciliter le pointage dans les interfaces graphiques utilisateur

$$TM = a + b \underbrace{\log_2 (D/W + 1)}_{ID}$$

Quatre approches

1. *Rapprocher la cible* (réduire D)
2. *Agrandir la cible* (augmenter W)
3. *Moduler le gain de la souris*
4. *Sauter les vides*

Un peu d’épistémologie

“Modèle théorique” terme plutôt polysémique

Distinction entre deux sphères du discours théorique

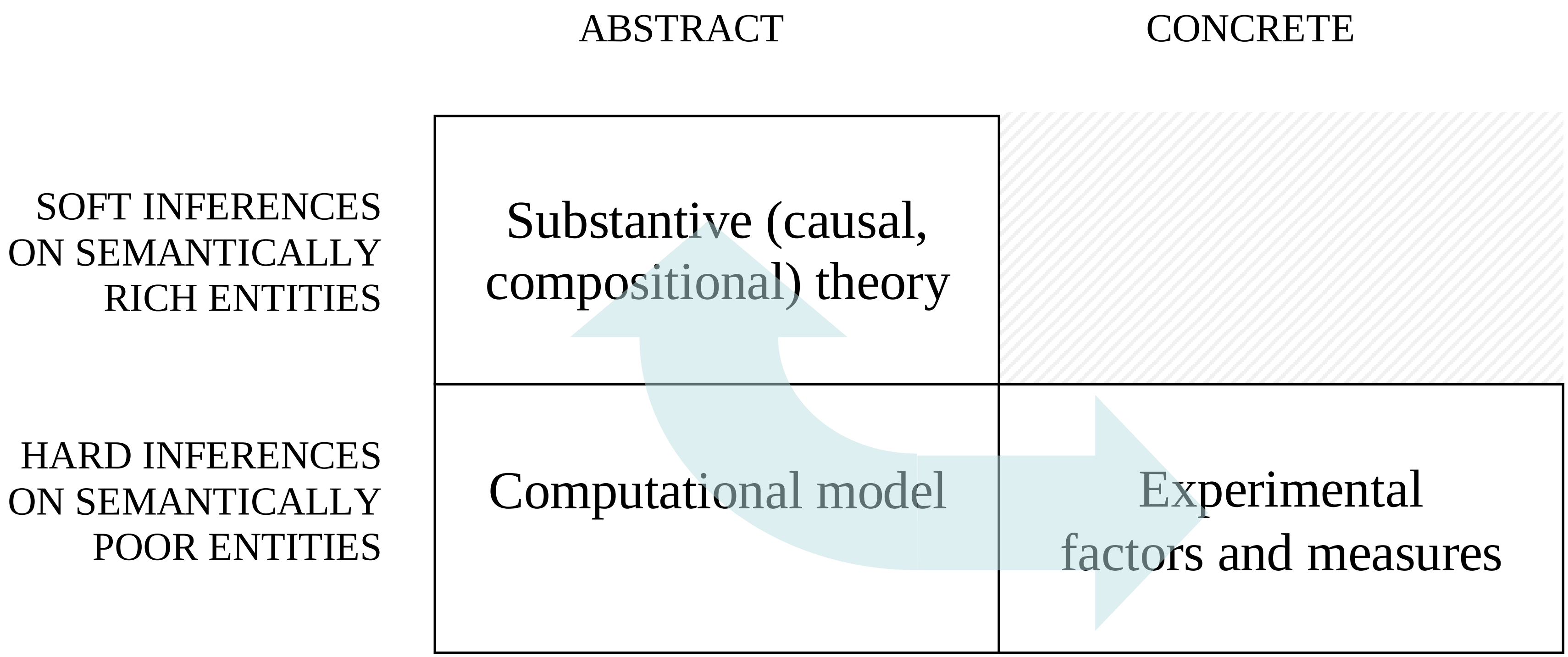
- **Théorie substantive** (Paul Meehl, 1997) *composition*, *causalité*

vs.

- **Modèle formel** *calcul, prédiction*

Exemples

- Woodworth (1899) : une théorie substantive sans modèle formel
- Plamondon et Alimi (1997) : un modèle formel sans théorie substantive (~simple simulation numérique)
- Meyer et al. (1988, 1990) : une théorie (Woodworth) et un modèle formel


ABSTRACT
CONCRETE
SOFT INFERENCES ON SEMANTICALLY RICH ENTITIES
HARD INFERENCES ON SEMANTICALLY POOR ENTITIES
Substantive (causal, compositional) theory
Computational model
Experimental factors and measures

Notion de fonction d'échange

Utilité

- *Pleasures* vs. *pains* (Jeremy Bentham)
- Utilité positive vs. négative
- Par exemple, le bénéfice vs. le coût

- Variable à extrêmiser
  - Utilité : toute variable axiologiquement orientée
  - Donc U+ à maximiser, U- à minimiser

- Utilités omniprésentes en psychologie scientifique

  Temps de performance = U-

  Vitesse = U+

  Difficulté = U+

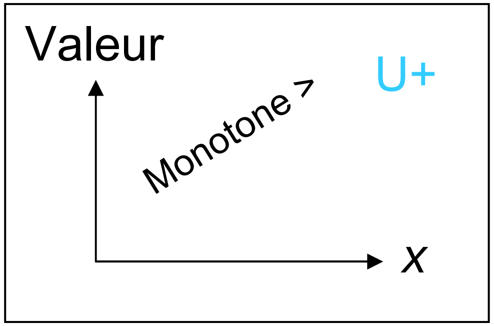
  % d'erreurs = U-

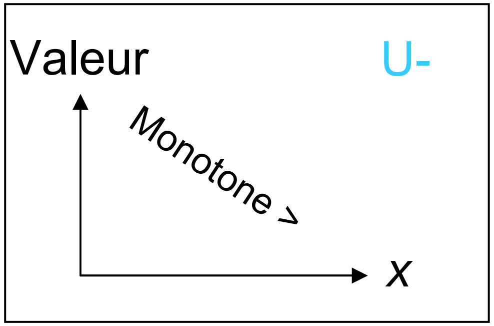
  Précision = U+

  % de rappel = U+

  etc.
- Opp. à Variables axiologiquement neutres

  Echelle dans la loi de Fitts





Notion de fonction d'échange

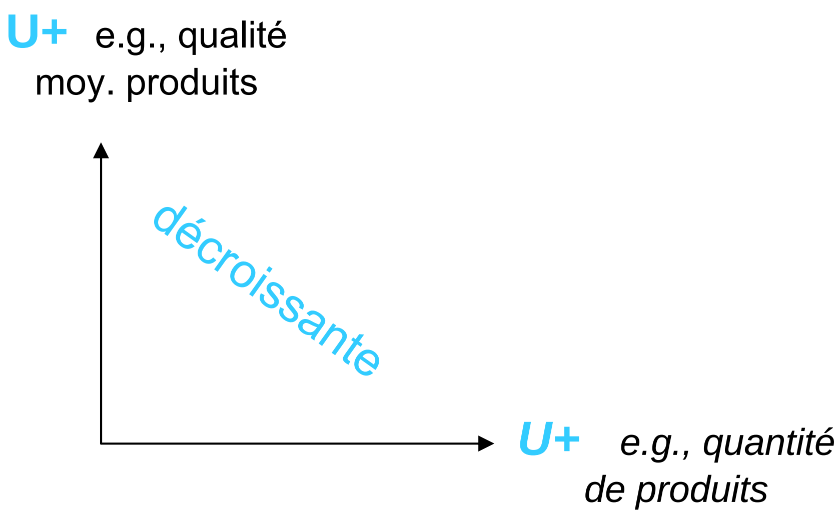
Ressources limitées

- Energie potentielle
- Ressources financières
- Capacité de travail
- Attention
- Capacité de transmission de l'information (Fitts, 1954)
- Capacité de traitement de l'information (Fitts & Peterson, 1964)
- etc.

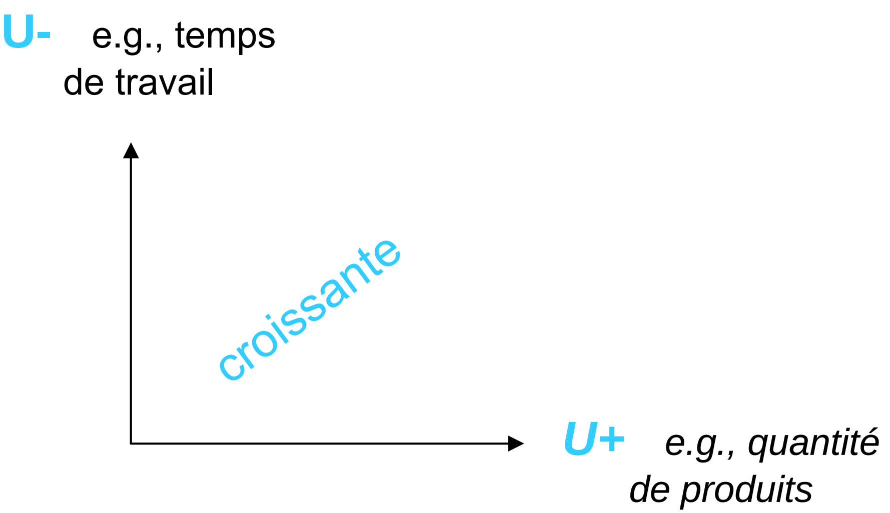
Notion de fonction d’échange

Conflit entre deux utilités

Utilités de mêmes signes



Utilités de signes opposés



Notion de fonction d'échange

Stratégie d'affectation des ressources

La courbe:

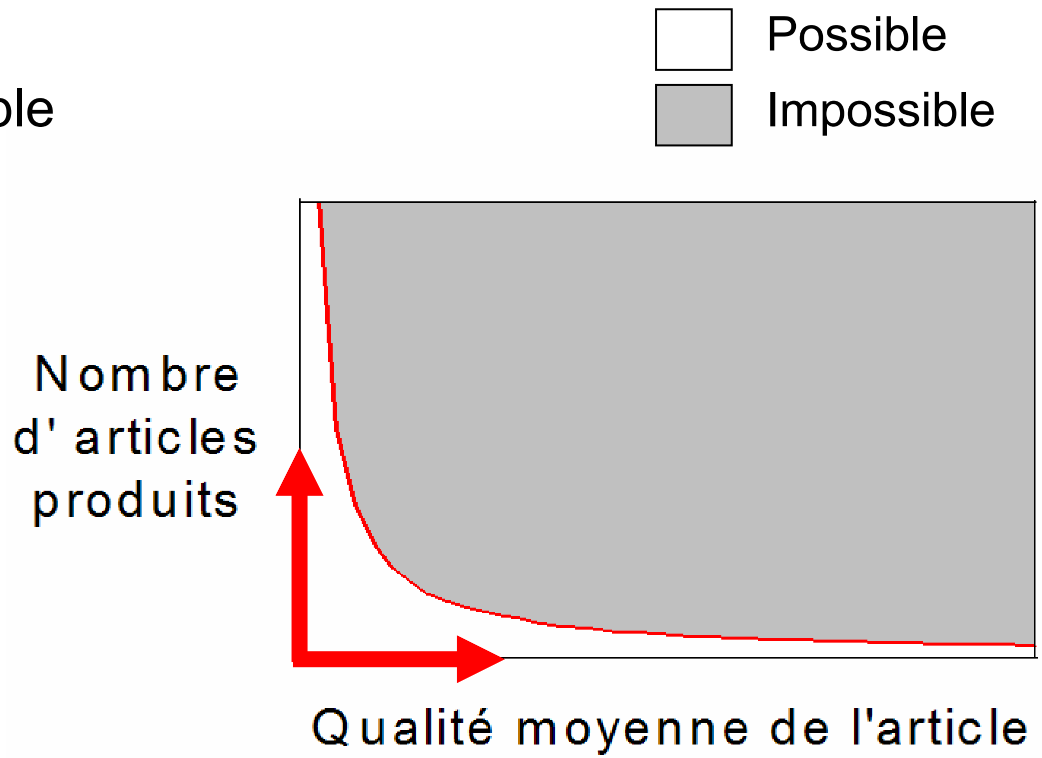
- Décrit l'ensemble des stratégies possibles
- Frontière entre le possible et l'impossible

Cas simple

$Q * N = k$

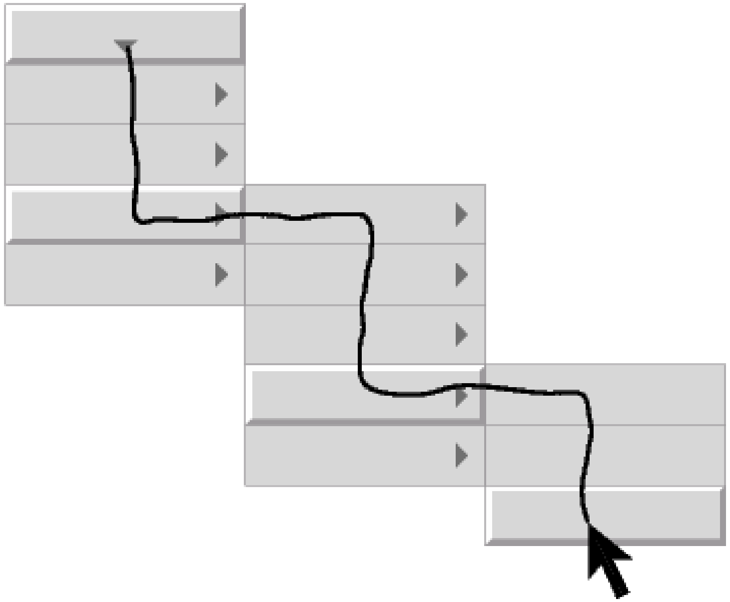
donc

$N = k/Q$

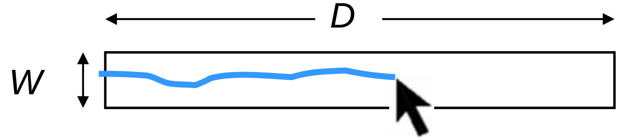


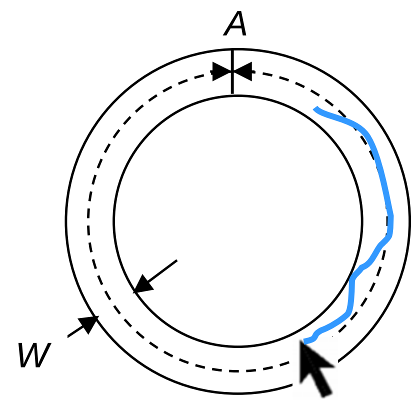
Illustration

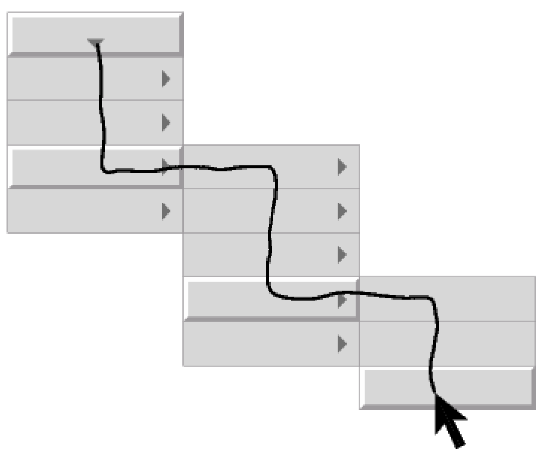
‘Loi’ du mouvement canalisé (*steering law*) de Accot & Zhai (1997)



Chemin à courbure et tolérance constantes







Loi globale d'A&Z

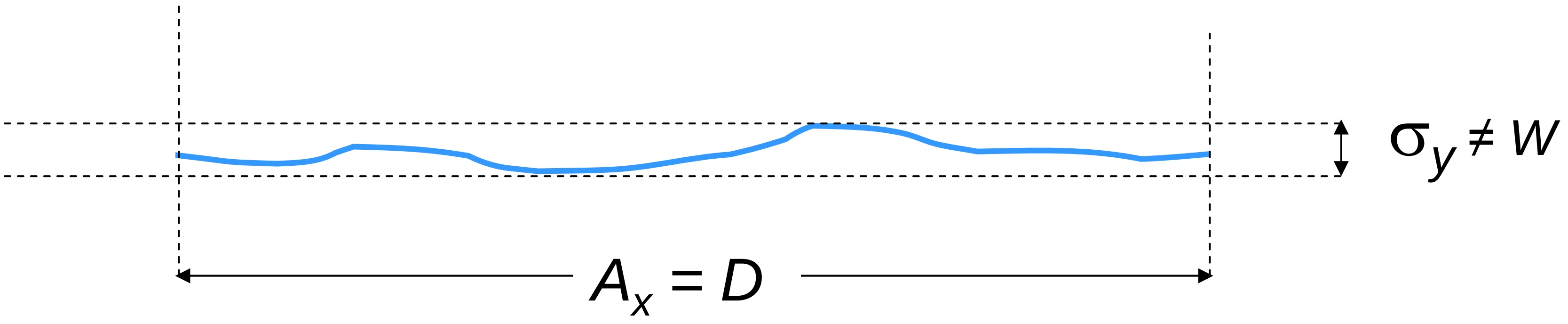
$$T = a * \frac{D}{W} + b$$

Similaire à la loi de Fitts, sans le log

Loi du mouvement canalisé d'A&Z (1997)

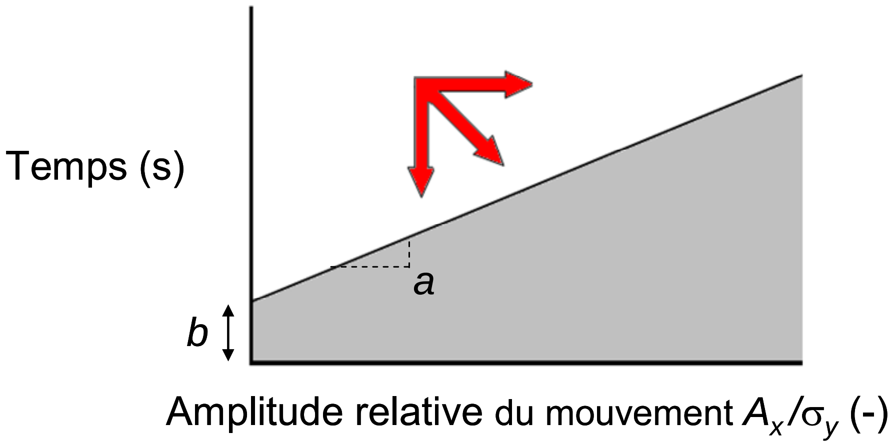
$T = \text{f}(D/W)$ formulation chemin

$T = \text{f}(A_x/\sigma_y)$ formulation mouvement



Formulation calculatoire de la loi d'A&Z

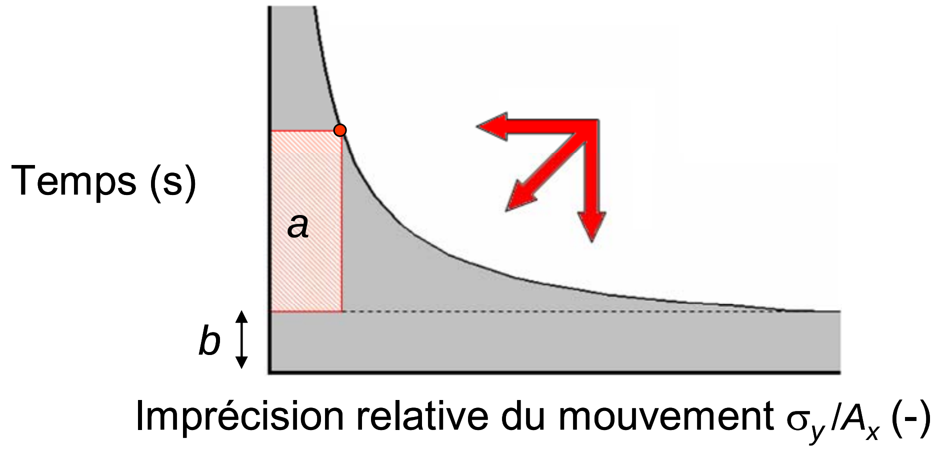
$$T = a * \frac{D}{W} + b$$



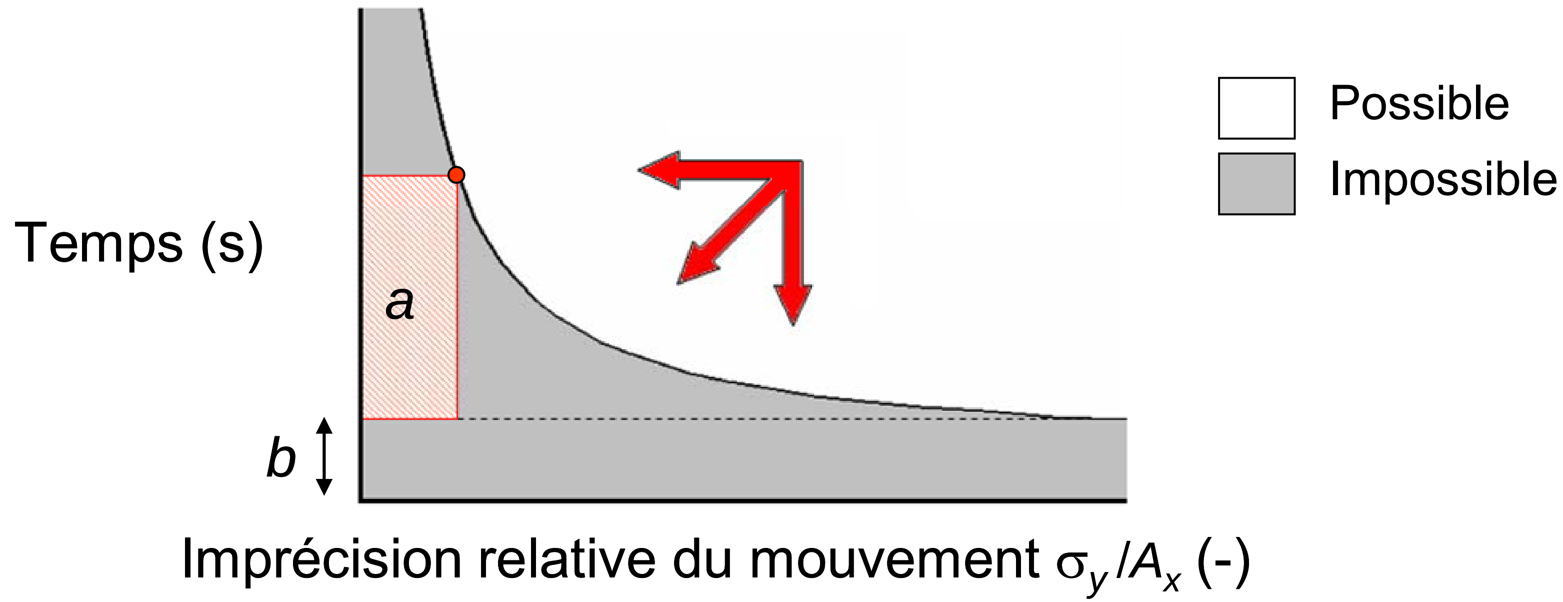
Reformulation conceptuelle de la loi d'A&Z

$$T = \frac{a}{W/D} + b$$

$$(T - b) * \frac{W}{D} = a$$



Formulation conceptuelle de la loi d'A&Z



$$\boxed{(T-b)*\frac{W}{D}=a}$$

<u>Une fonction d'échange explicite</u>

a (aire du rectangle) quantifie les ressources disponibles

b spécifie la valeur incompressible du temps

$$\boxed{\frac{W/D}{T}}$$

Le rapport d'aspect du rectangle quantifie la stratégie de gestion des ressources

Loi de Fitts (pointage 1D)

Modèle de Fitts

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

Modèle de McKenzie (1992)

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

Modèle de Meyer et al. (1990)

$$T = a\left(\frac{D}{W}\right)^{1/2} + b$$

Loi d'Accot & Zhai (mouvement canalisé)

$$T = a\frac{D}{W} + b$$

… toutes équations qui impliquent

$$\boxed{T = f\left(\frac{D}{W}\right)}$$

Dans l'équation $T = f\left(\dfrac{D}{W}\right)$, l'écriture fractionnaire concerne les *causes*

LE PROBLEME:

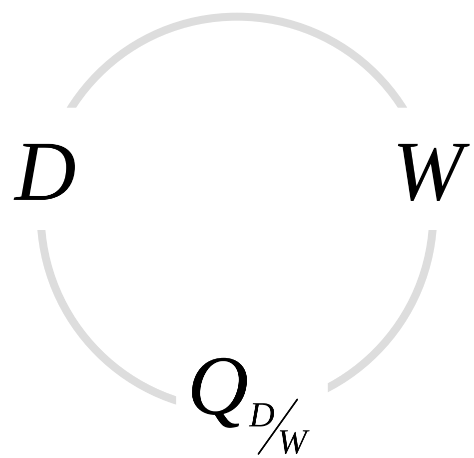
Pour les calculs dans le modèle formel

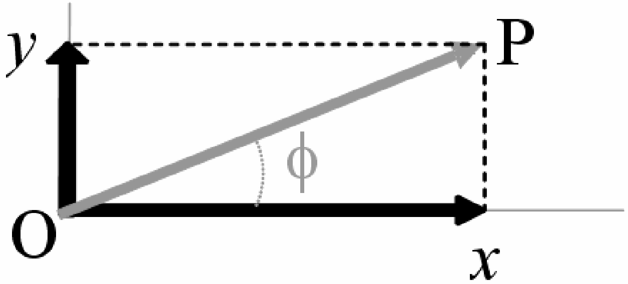
3 nombres: le numérateur *D*, le dénominateur *W* et le quotient $Q_{D/W}$

Pour manipuler les facteurs théoriquement et expérimentalement

Seulement 2 degrés de liberté

Un candidat causal de trop : *lequel écarter ?*





The Cartesian vs. polar specification of a point in planar geometry.

Spécification polaire:

2 DL, les vecteurs composants Ox et Oy

Spécification cartésienne:

Les 2 DL du Vecteur résultant OP, son orientation et sa longueur

$$T = f\left(\frac{D}{W}\right)$$

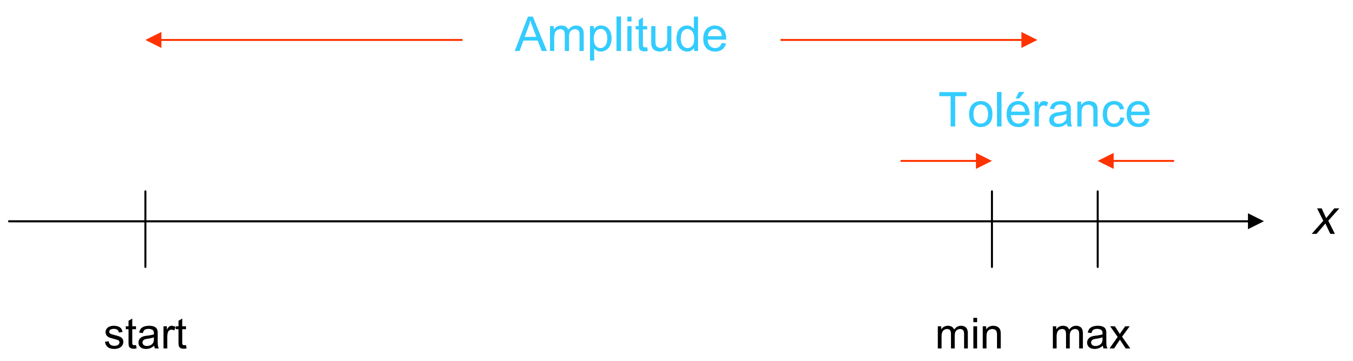
Spécification polaire de l'écriture *D*/*W*:

2 DL = les opérandes *D* et *W*

Spécification cartésienne de l'écriture *D*/*W*:

2 DL = le quotient $Q_{D/W}$ et l'échelle

Pointage: ou bien une description cartésienne …



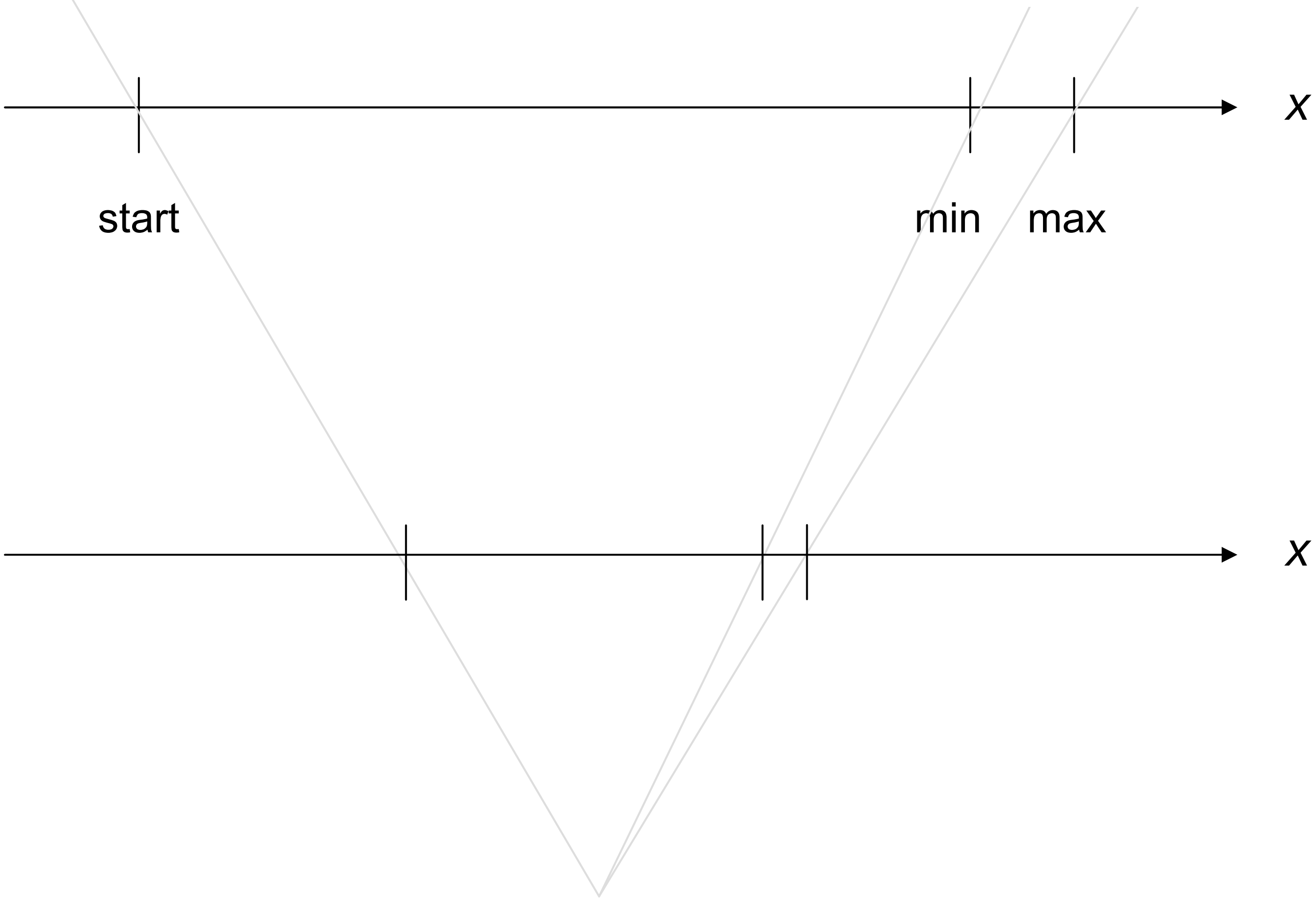
Amplitude et Tolérance: des *longueurs* en cm

Loi de Fitts $T = \mathrm{f}(D, W)$

… ou bien une description polaire.

Quotient $Q_{D/W}$ = *la 'forme' du mouvement*

Echelle, par ex. *D* = la grandeur du mouvement



Loi de Fitts $T = f\left(\frac{D}{W}\right)$

Cela signifie-t-il $\left\{\begin{array}{l} T = \mathrm{f}(D, W) \\ \qquad \text{ou} \\ T = \mathrm{f}\,(Q_{D/W}) \end{array}\right.$?

La décision dépend de la théorie substantive

Illustration

- Loi de A&Z
- Loi de Fitts

$$\boxed{T = f\left(\frac{D}{W}\right)}$$

Combien d’entités causales du côté droit de l’équation, et quelles sont-elles?

1) *Vraie* question pour la théorie (pas pour le modèle formel)

2) Question *traitable*: la réponse dépend de la théorie

Loi de Fitts

Une entité causale: le quotient de *D* par *W*, un rapport sans dimensions, i.e. une forme

$$T = f(Q_{\frac{D}{W}})$$

Le quotient de la division (effectuée)

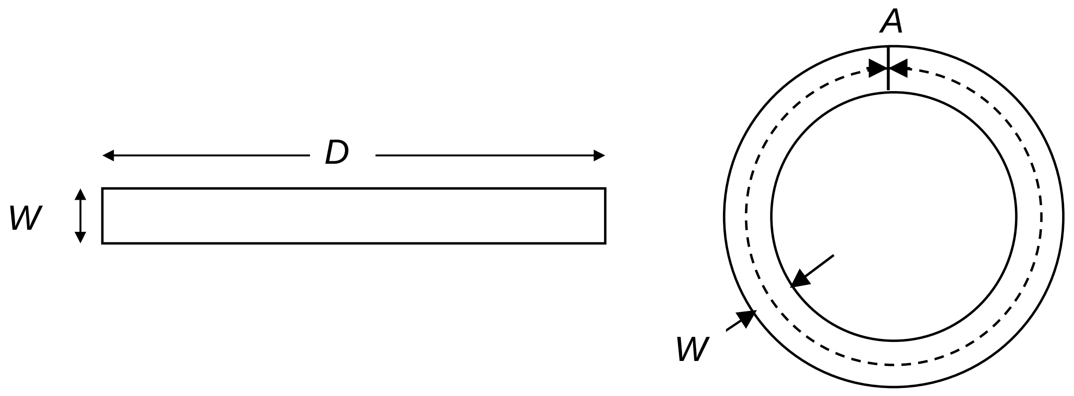
Loi d’Accot & Zhai

Deux entités causales: *D* et *W*, dimensionnellement des longueurs

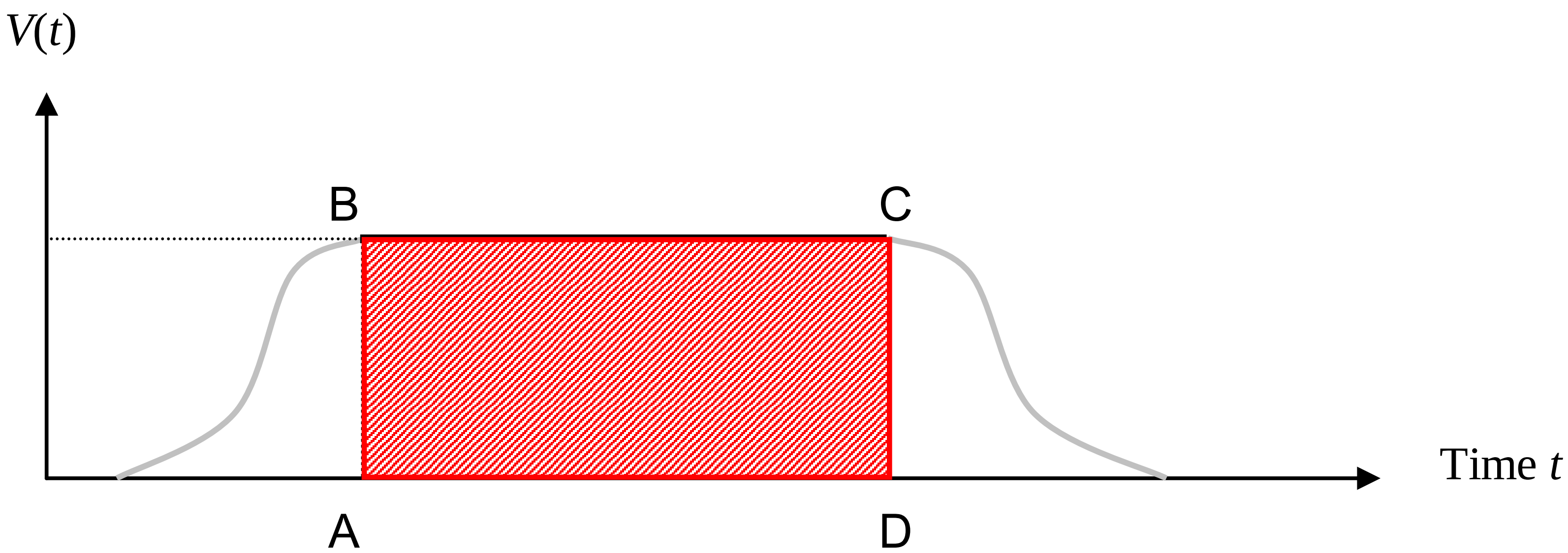
$$T = f(D, W)$$

Les deux opérandes de la division (à effectuer)

Cas du mouvement canalisé d'Accot & Zhai (à *W* constant)



$$T = a\frac{D}{W} + b$$



W détermine la hauteur du rectangle ABCD
D détermine l'aire du rectangle (l'étendue de l'intégration)

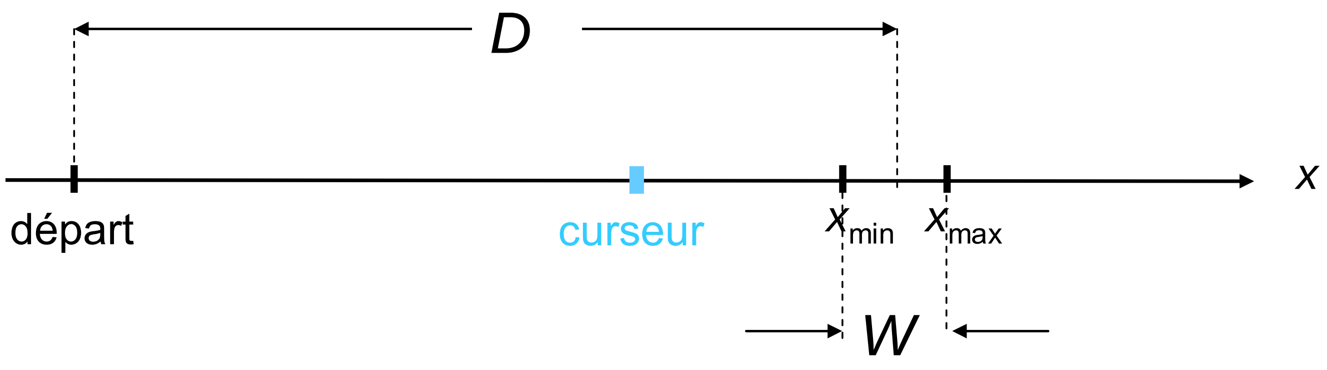
Rôles de *D* et *W* clairement séparables dans la théorie

Il faut une interprétation cartésienne de la loi d'A&Z

Dans le mouvement canalisé, *T* dépend de *deux* facteurs conceptuellement et expérimentalement séparables: ceux que représentent les opérandes *D* et *W*

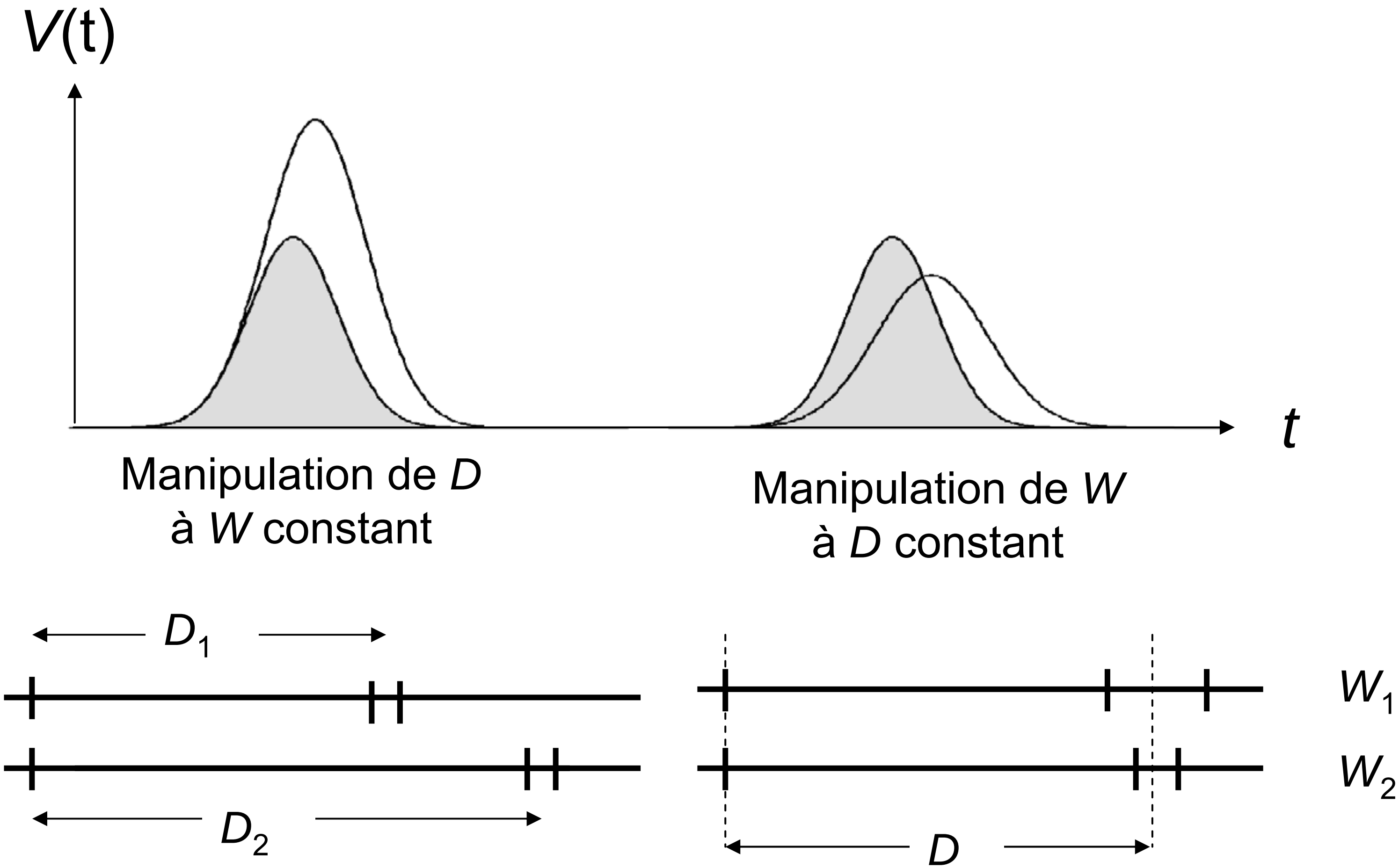
- Donc *T* = f(*D/W*) doit se comprendre comme *T* = f(*D,W*)
- Or on n'a que 2 DL!
- Donc du point de vue théorique le quotient $Q_{\frac{D}{W}}$, égal à l'*ID* d'A&Z et caractérisant la *forme* du chemin, *ne peut pas participer à l'explication théorique*

Cas du mouvement de pointage de Fitts



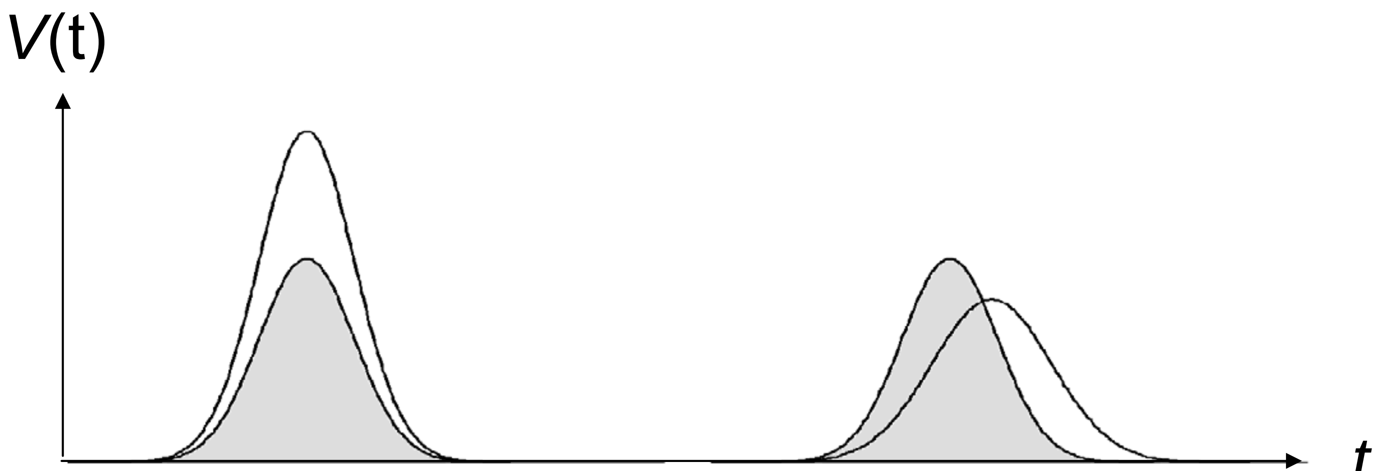
$$T = a \log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right) + b$$

Tentative cartésienne: Distance *D* et tolérance *W*



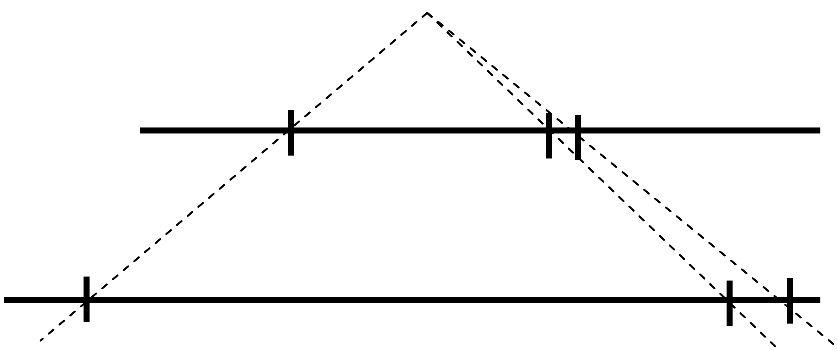
- Aucun effet simple de *D* ou de *W*
- Effet de *W* quasi-immédiat !

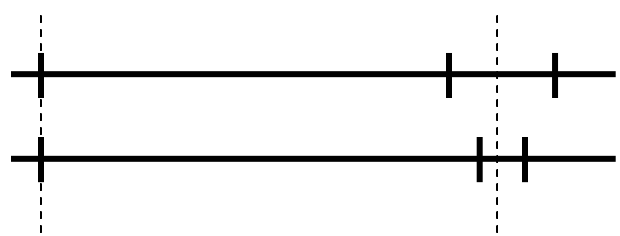
Tentative polaire : difficulté $Q_{D/W}$ et échelle *D*



Manipulation sélective de l'échelle *D, à* quotient *D/W* constant

Manipulation du quotient, à échelle *D* constante





Pas d'effet sur *T*

Loi d'invariance d'échelle

Effet systématique sur *T*

Loi de variation de Fitts

Il faut une interprétation polaire de la loi de Fitts

- Dans le pointage à la Fitts, les facteurs pertinents sont le quotient $Q_{D/W}$ et le facteur d'échelle *D*
- *T* dépend d'un seul facteur, le quotient $Q_{D/W}$
- *T* (dans des limites respectables de *D*) est insensible au facteur d'échelle

Donc $T = f(D/W)$ doit se comprendre comme $T = f(Q_{D/W})$

Du point de vue théorique la forme de la tâche explique la variation de *T*