

# Modalités d'interaction

*Mathieu RAYNAL*

*mathieu.raynal@irit.fr*

*<https://www.irit.fr/~Mathieu.Raynal/>*

# Définition de modalité d'interaction

---

- Médiateur matériel et logiciel entre l'utilisateur et le système
  - Définie par le couple <dispositif physique, langage d'interaction>
    - **Dispositif physique** : dispositif d'entrée / sortie
    - **Langage d'interaction** : système conventionnel structuré de signes qui assure une fonction de communication
  - Exemples
    - Microphone
      - Langage pseudo-naturel
      - Intensité du son
    - Caméra
      - Reconnaissance des doigts
      - Gestes bi-manuels

M. Serrano (2010), Interaction multimodale en entrée: Conception et Prototypage. *Thèse de doctorat.*

L., Nigay & J. Coutaz (1996) Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. *TSI, spécial Multimédia et Collecticiel, AFCET & Hermes Publ., 15(9), p. 1195–1225*

# Au programme ...

---

- Interaction gestuelle – 4h
  - TP en lien avec le projet
- Interaction vocale – 6h (*P. Truillet*)
  - TP en lien avec le projet
- Systèmes interactifs mixtes – 6h (*E. Dubois*)
  - TP noté (30%)
- Interaction multimodale – 6h
  - Des heures de TP pour le projet noté (70%)

## Interaction gestuelle

- Qu'est ce qu'un geste ?
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- *Comment capter un geste ?*
- *Passer du physique au virtuel ...*
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- *Comment reconnaître un geste ?*

## Mise en pratique (en Java)

## Interaction gestuelle

- **Qu'est ce qu'un geste ?**
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- *Comment capter un geste ?*
- *Passer du physique au virtuel ...*
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- *Comment reconnaître un geste ?*

## Mise en pratique (*en Java*)

# Le canal gestuel

---

- Permet d'agir sur le monde physique
- Canal d'information
  - Moyen d'émission
  - et de réception d'informations
- Trois fonctions souvent liées
  - Epistémique
  - Ergotique
  - Sémiotique

C. Cadoz (1994) *Le geste canal de communication homme/machine – la communication « instrumentale »*.  
Techniques et science informatiques, vol. 13 pp 31-61

# Fonction épistémique

---

- Le geste du **toucher** : **connaître**
- La main joue le rôle d'organe de perception
  - Perception haptique ou tactilo-proprio-kinesthésique
    - Système perceptif lié au toucher et à la kinesthésie
      - **Tactile** : texture, température (capteurs de la peau)
      - **Kinesthésie** : perception des positions, trajectoire, poids (capteurs des articulations et de l'oreille)
    - Mouvements d'exploration
  - Perception proprioceptive
    - positions du corps dans l'espace
    - des parties du corps les unes par rapport aux autres

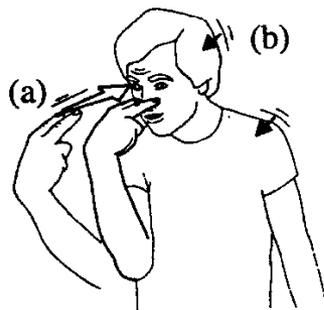
# Fonction ergotique

---

- Le geste **moteur** : **agir**
- La main joue le rôle d'organe moteur et agit sur le monde physique pour le transformer
- Elle applique à un objet des forces qui vont provoquer une déformation ou un déplacement

# Fonction sémiotique

- La **communication** gestuelle : **faire connaître**
- La main joue le rôle d'organe d'émission d'information
  - à destination de l'environnement
- Diversité des gestes et différents niveaux de communication
  - Vocabulaire réduit (gestes des plongeurs, grutiers, courtiers)
  - Geste co-verbal (simultané à la parole, illustre ou complète le message verbal)
  - Langage des signes

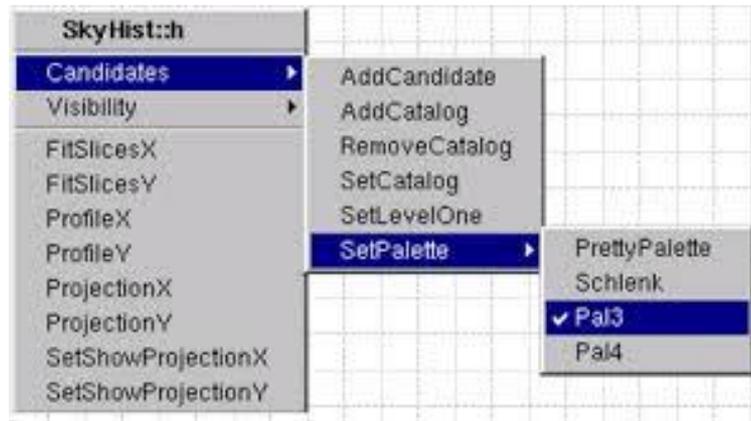
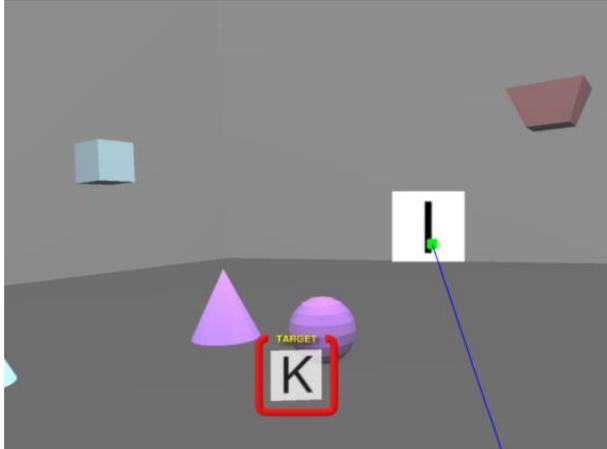


## Interaction gestuelle

- Qu'est ce qu'un geste ?
- **La place du geste dans les systèmes interactifs**
- *Comment capter un geste ?*
- *Passer du physique au virtuel ...*
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- *Comment reconnaître un geste ?*

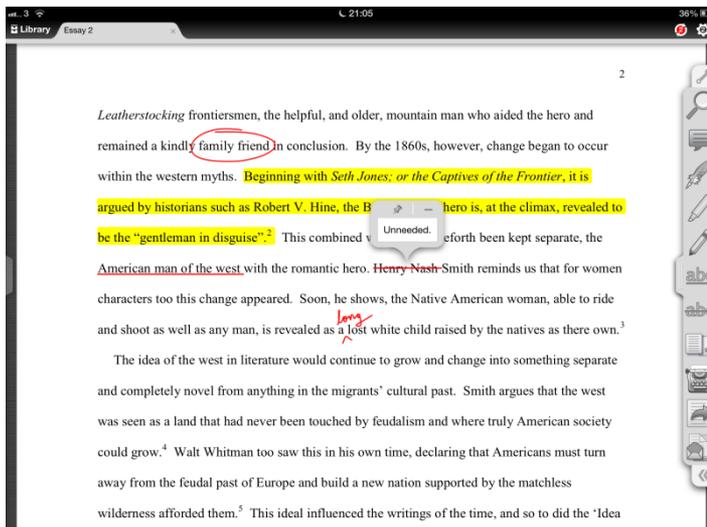
## Mise en pratique (*en Java*)

# En entrée : Pointage et manipulation d'objets



# En entrée : Des tracés ...

- Dessin
- Des marques et des signes
  - souligner,
  - encercler,
  - flèches ...

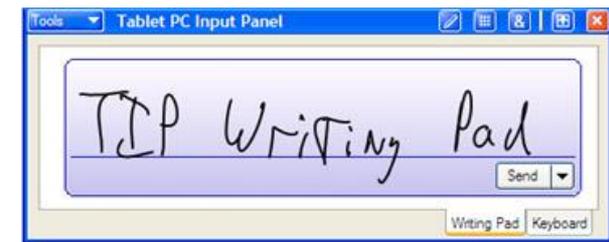
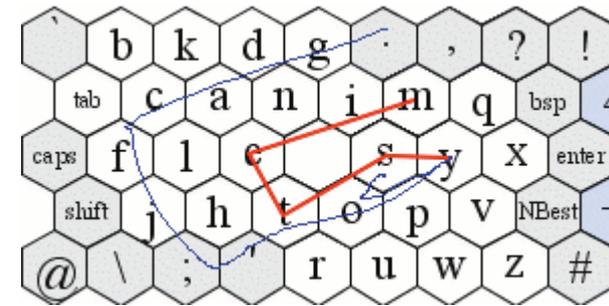
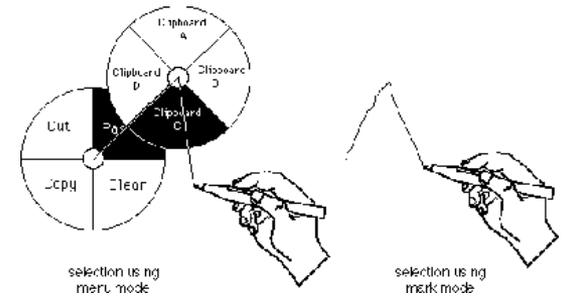
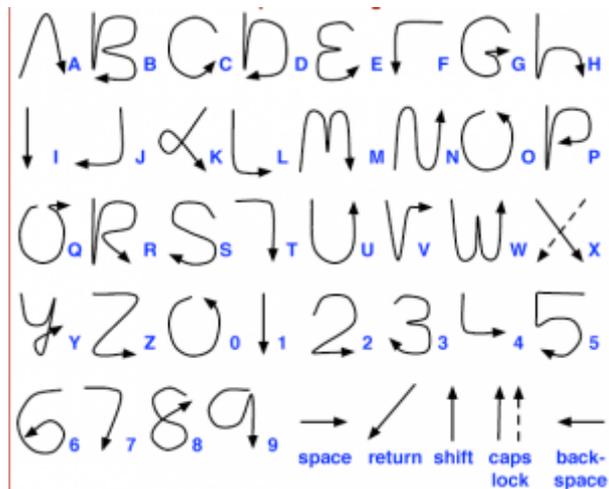


Laisse une **trace** ...

... mais pas **d'interprétation** !

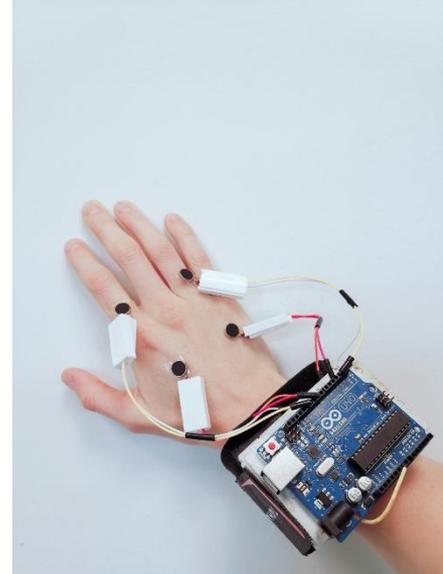
# En entrée : Des tracés interprétés

- Commande gestuelle
- Reconnaissance d'un alphabet
- Reconnaissance d'écriture



# En sortie

- Mouvements générés
  - synthèse de geste
- Informations accessibles au toucher
- Informations vibro-tactiles



# En entrée ... et sortie

- Dispositif à retour d'effort
  - Souris
  - Stylo
- Souris tactile



B. Tornil (2006) *Adaptations et interactions gestuelles et haptiques, ciblées utilisateurs. Vers plus d'utilisabilité et d'accessibilité*, Thèse de doctorat

## Interaction gestuelle

- Qu'est ce qu'un geste ?
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- **Comment capter un geste ?**
- *Passer du physique au virtuel ...*
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- *Comment reconnaître un geste ?*

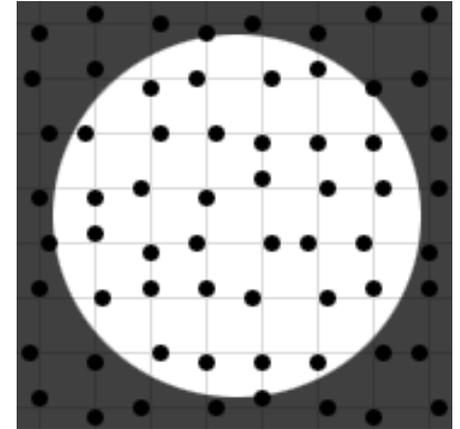
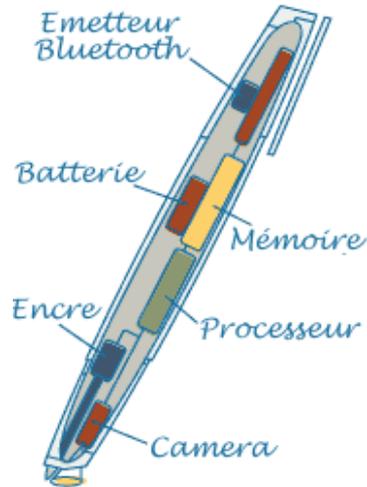
## Mise en pratique (*en Java*)

# Grande diversité de dispositifs de capture

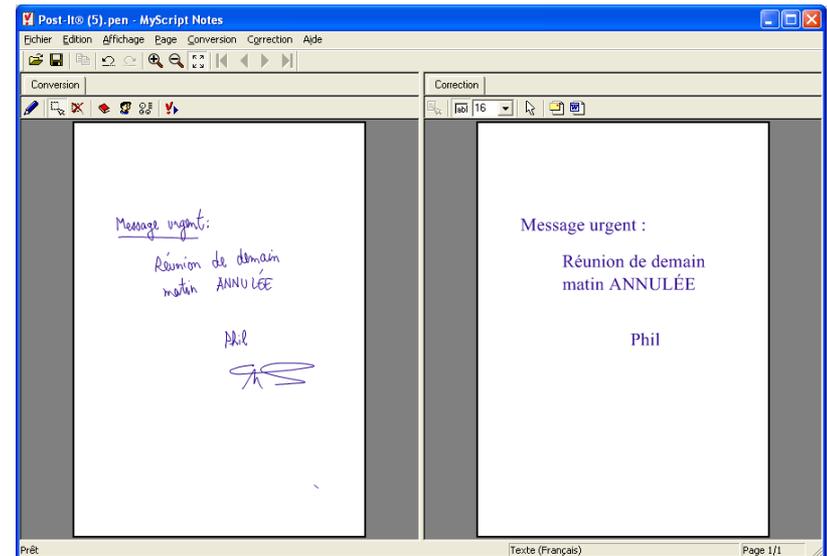
- Écran tactile
- Capteurs
- Stylo
- À base de vision
- Gants numérique



# Stylo



```
- <Seg>
  <Fs stk="15" pt="0" />
  <Ls stk="28" pt="2" />
  <Cand txt="réunion de demain" score="0.9741058" />
- <Seg>
  <Fs stk="15" pt="0" />
  <Ls stk="22" pt="13" />
  <Cand txt="réunion" score="0.9614716" />
  <Cand txt="Réunion" score="0.9103851" />
  <Cand txt="réunions" score="0.8316498" />
</Seg>
- <Seg>
  <Fs stk="23" pt="0" />
  <Ls stk="24" pt="20" />
  <Cand txt="de" score="1" />
  <Cand txt="dl" score="0.6507874" />
  <Cand txt="des" score="0.5481415" />
</Seg>
```



## Interaction gestuelle

- Qu'est ce qu'un geste ?
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- *Comment capter un geste ?*
- **Passer du physique au virtuel ...**
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- *Comment reconnaître un geste ?*

## Mise en pratique (*en Java*)

# Interaction directe versus indirecte

- Interaction directe
  - Ecran tactile
    - Pas besoin de pointeur
    - Interaction co-localisée



- Interaction indirecte
  - Espace moteur / physique
  - Espace virtuel / visuel



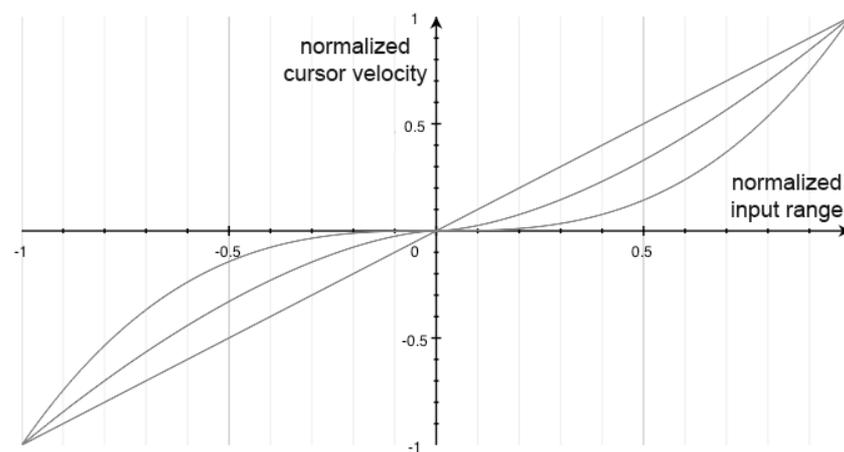
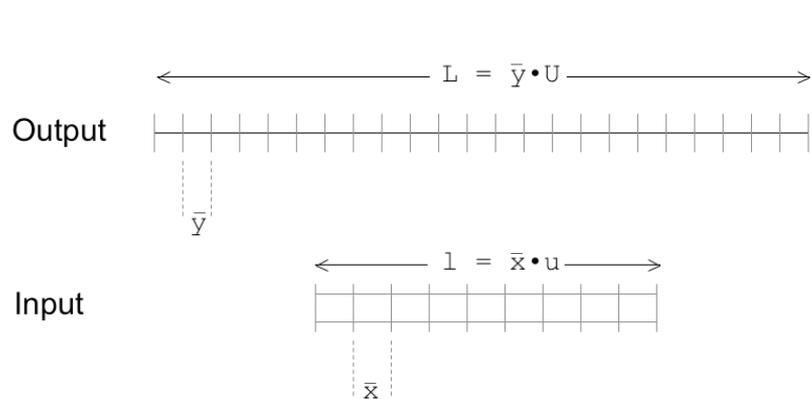
# Espace moteur et visuel

- Espace virtuel/visuel
  - Déplacement d'un pointeur
    - Position
    - Vitesse
- Espace moteur/physique
  - Dispositifs
    - Isotonique (souris)
      - Valeurs mesurées : Position
    - Isométrique (joystick)
      - Valeurs mesurées : Force
- Relations privilégiées entre moteur et visuel
  - Dispositif isotonique → contrôle de position
  - Dispositif isométrique → contrôle de vitesse
- Degré de liberté
  - Translation
  - Rotation

S. Zhai (1995) *Human Performance in Six Degree of Freedom Input Control*, Ph.D. Dissertation, University of Toronto.

# Fonction de transfert

- Comment transformer un mouvement physique en un déplacement virtuel ?



G. Casiez (2012) *Du mouvement à l'interaction et au geste : études, techniques, outils et périphériques*,  
Habilitation à diriger des recherches, Université Lille 1

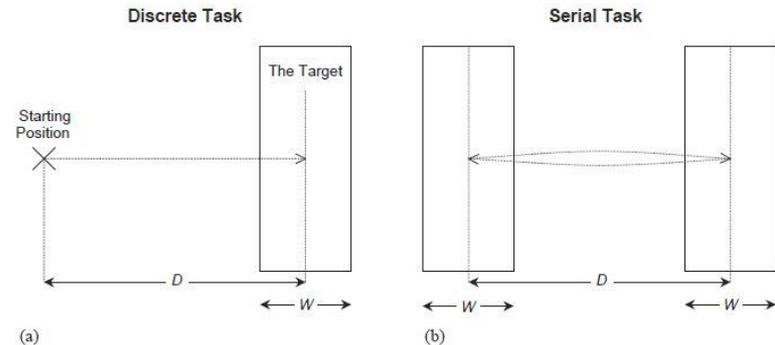
## Interaction gestuelle

- Qu'est ce qu'un geste ?
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- *Comment capter un geste ?*
- *Passer du physique au virtuel ...*
- **Evaluer et optimiser un mouvement**
- *Comment reconnaître un geste ?*

## Mise en pratique (*en Java*)

# Prédire le temps nécessaire pour pointer une cible

- Loi de Fitts
  - A la base pour le monde physique en 1D
- Le temps nécessaire pour pointer une cible dépend de l'indice de difficulté
  - Calculé à partir de la distance et de la taille



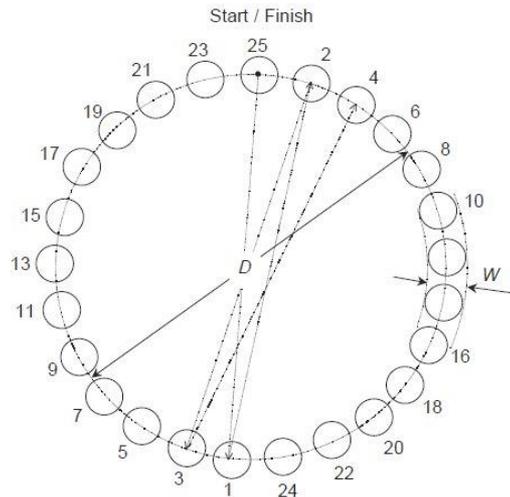
$$ID = \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right),$$

$$MT_{\text{Predicted}} = a + b \times ID.$$

*R. W. Soukoreff & I. S. MacKenzie (2004). Towards a standard for pointing device evaluation: Perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI. International Journal of Human-Computer Studies, 61, 751-789.*

# Prédire le temps nécessaire pour pointer une cible

- Applicable aux systèmes informatiques
- Loi de Fitts adaptée à plusieurs dimensions...



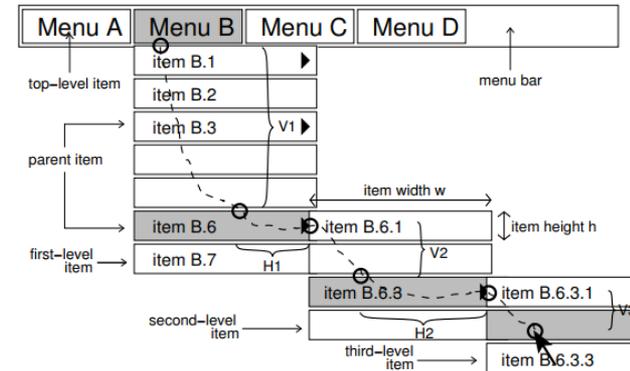
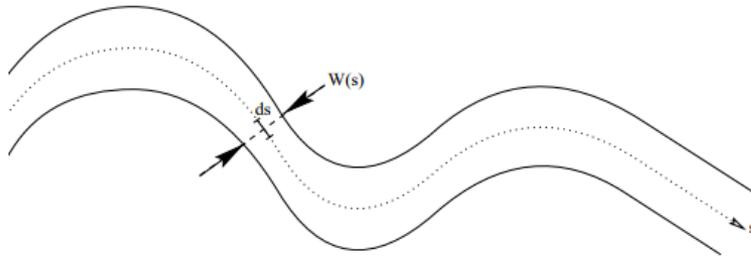
→ Norme ISO pour l'évaluation d'un dispositif de pointage

*ISO. 2002. 9241-9. 2000. Ergonomics requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 9: Requirements for non-keyboard input devices. International Organization for Standardization (2002)*

*ISO. 2012. 9241-411. 2012. Ergonomics of human-system interaction – Part 411: Evaluation methods for the design of physical input devices. International Organization for Standardization (2012)*

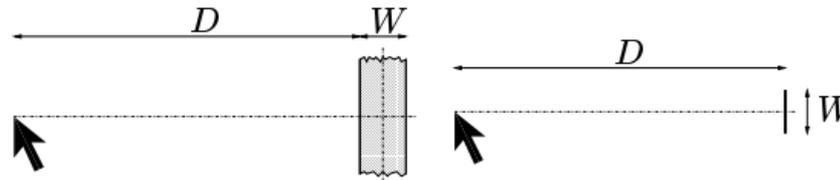
# D'autres lois pour prédire le temps d'une action

- Mouvement contraint - Steering law



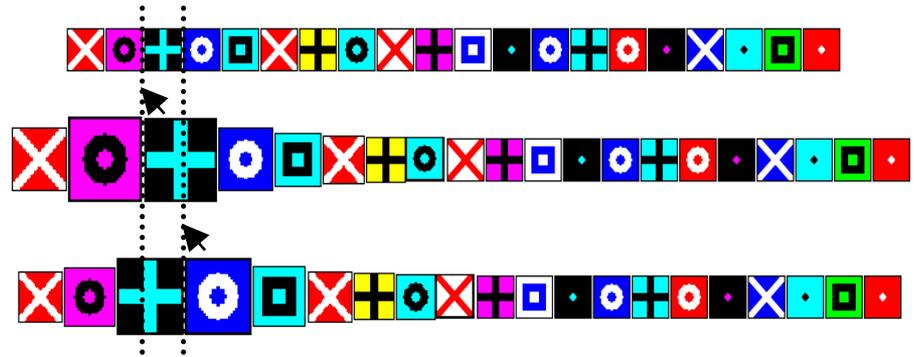
*J. Accot, & S. Zhai (1999). Performance evaluation of input devices in trajectory-based tasks: an application of the steering law. In Proc of CHI'99, pp. 466-472, ACM.*

- Pointage versus traversée



*J. Accot & S. Zhai. (2002). More than dotting the i's --- foundations for crossing-based interfaces. In Proc of CHI '02, pp. 73-80, ACM*

# Optimisation du geste



Undo	^Z
Redo	
Cut	^X
Copy	^C
Paste	^V

(a)

Undo	^Z
Redo	
Cut	^X
Copy	^C
Paste	^V

(b)

## Menu redesign

(a) unchanged visual version (b) motor space version

## Interaction gestuelle

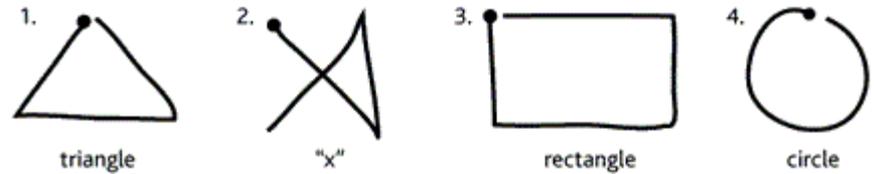
- Qu'est ce qu'un geste ?
- *La place du geste dans les systèmes interactifs*
- *Comment capter un geste ?*
- *Passer du physique au virtuel ...*
- *Evaluer et optimiser un mouvement*
- **Comment reconnaître un geste ?**

## Mise en pratique (*en Java*)

# Caractéristiques d'un geste

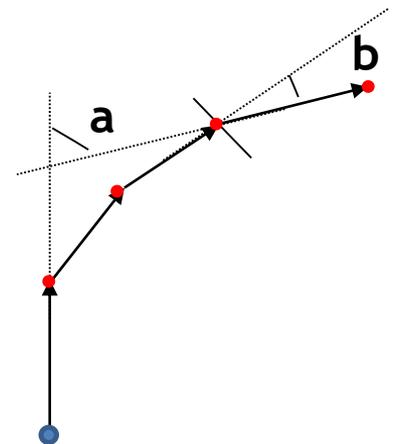
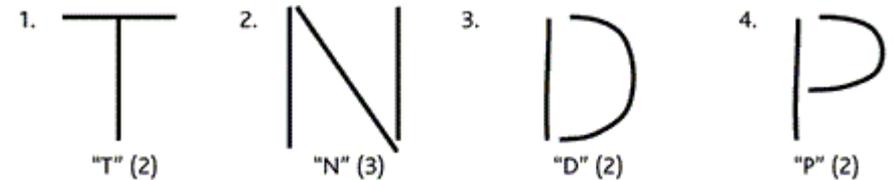
- Geste

- Unistroke
- Multistroke



- Tracé

- Points caractéristiques : départ / arrivée
- Ensemble de points ordonnés
- Echantillonnage dépendant
  - Vitesse d'exécution du geste
  - Fréquence d'échantillonnage du dispositif



- Chaque geste est associé à une action

- Lorsque le geste est reconnu, l'action est effectuée

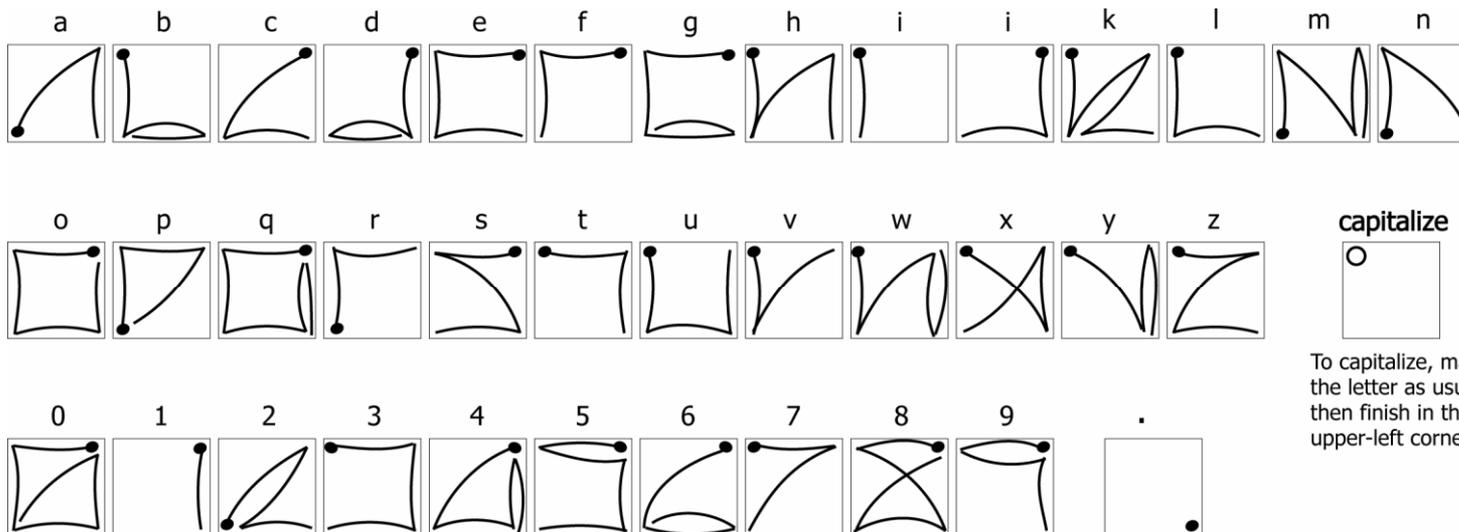
# Techniques de reconnaissance

---

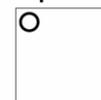
- Utilisation de « région géométrique »
  - Gestes décrits par des séquences de chiffres
    - Libstroke
    - EdgeWrite
- Classifieurs statistiques
  - algorithme de Rubine
- Modèles de markov cachés
- Réseaux de neurones
- Dynamic Time Warping (DTW)

R. Plamondon, S.N. Srihari (2000) *On-line and off-line handwriting recognition: A comprehensive survey*. IEEE Trans. Pattern Analysis & Machine Int., Vol. 22 (1), pp. 63-84.

# EdgeWrite



capitalize



To capitalize, make the letter as usual, then finish in the upper-left corner.



J.O. Wobbrock, B.A. Myers, J.A. Kемbel (2003). *EdgeWrite: A stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion*. UIST '03, pp. 61-70

# Libstroke

- Définition d'une boîte carrée
  - Plus grande dimension de la boîte englobante
  - Centrage du geste

1	2	3
4	5	6
7	8	9

- Division de la boîte en 9 cellules de taille identique
- Etiquetage des points et factorisation
- Comparaison aux motifs enregistrés

# \$1 Recognition

---

- Reconnaissance de gestes unistroke
- Principe
  - Normalisation de chaque geste
    - Avant de les enregistrer dans le dictionnaire
    - Avant chaque reconnaissance
  - Pour chaque geste du dictionnaire
    - 1 tracé de référence (template) associé à une commande
  - Comparaison du geste effectué par l'utilisateur à chaque template
    - Pour chaque template
      - calcul de la distance euclidienne avec ce geste
      - Template avec la plus petite distance → Geste reconnu

J.O. Wobbrock, A.D. Wilson, Y. Li (2007). *Gestures without libraries, toolkits or training: A \$1 recognizer for user interface prototypes*. UIST '07, pp. 159-168.

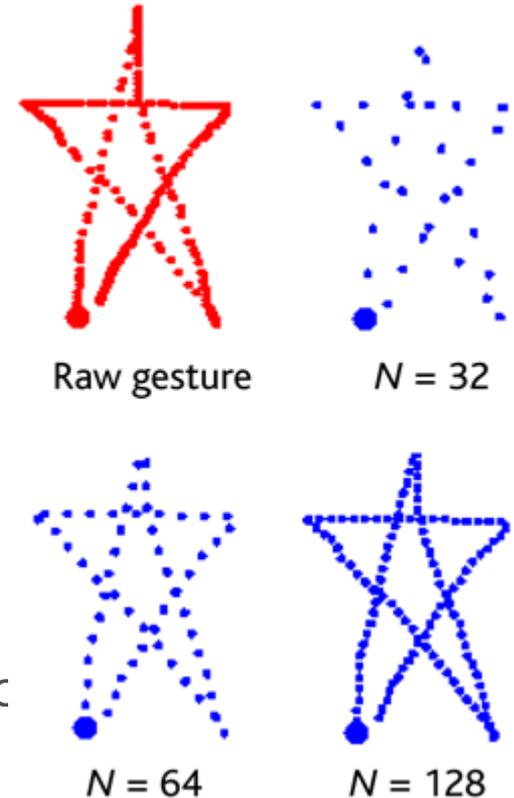
# \$1 Recognition : algorithmme

---

- Avant de pouvoir comparer, 3 étapes de normalisation :
  - Echantillonner la trace proposée
  - Orienter le geste
  - Mise à l'échelle du geste et translation
- Ces 3 étapes sont à réaliser
  - Pour les patterns : une seule fois au moment de leur construction
  - Dès qu'un geste est réalisé par l'utilisateur
- Suite à ces 3 étapes, les distances euclidiennes peuvent être calculées

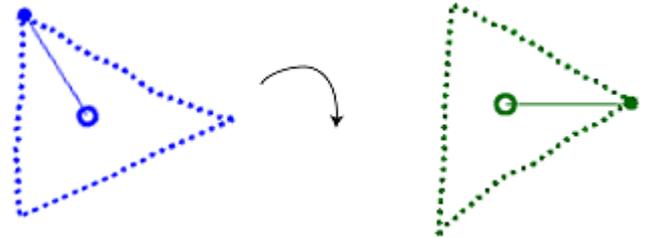
# 1<sup>ère</sup> étape : ré-échantillonnage

- Objectif
  - Avoir le même nombre de points (N) pour chaque tracé
    - Facilite le calcul de la distance euclidienne
- Procédure
  - Calculer la longueur totale (L) du geste
  - Distance (l) entre 2 points
$$l = L/(N-1)$$
  - Sur le tracé, les nouveaux points sont tous placés à une distance équivalente (l)



## 2<sup>e</sup> étape : Ré-orienter le geste

- Objectif
  - positionner le point de départ du geste de la même manière pour tous les gestes
- Procédure
  - Calculer le centre du geste
  - Calculer l'angle entre le segment [point de départ, centre] et l'horizontale
  - Effectuer une rotation de la valeur de cet angle pour chaque point



## 3<sup>e</sup> étape : Redimensionner et repositionner

---

- Calcul de la boîte englobante du tracé
- Redimensionner
  - à la taille déterminée
  - Sous forme de carré
- Repositionner le tracé
  - Translation de l'ensemble des points de manière à avoir le centre en (0,0)

# Comparaison du geste aux patterns

- Calcul de la distance euclidienne avec chaque pattern

$$d_i = \frac{\sum_{k=1}^N \sqrt{(C[k]_x - T_i[k]_x)^2 + (C[k]_y - T_i[k]_y)^2}}{N}$$

- Le pattern qui a la plus petite distance avec le tracé correspond au geste reconnu
- La distance est transformée en score

$$score = 1 - \frac{d_i^*}{\frac{1}{2} \sqrt{size^2 + size^2}}$$

# \$1 Recognition : fonctionnement

---

- Un dictionnaire/corpus de geste
  - Un geste = une commande
- 2 modes
  - Apprentissage
    - On normalise le tracé
    - On l'associe à une commande
    - On ajoute le couple au dictionnaire
  - Reconnaissance
    - On normalise le tracé
    - On compare à chaque geste du dictionnaire
    - On retourne la commande du geste « le plus proche »

# \$1 Recognition : En résumé

---

- Des avantages ...
  - Pas besoin d'apprentissage
  - Facile à implémenter
  - Aussi efficace que
    - Rubine
    - Dynamic Time Warping (DTW)
- ... mais aussi des inconvénients
  - Unistroke
  - Ne fonctionne pas avec les gestes qui ne diffèrent que par
    - L'orientation : geste 1D
    - Les ratios : Rectangle/Carré, Ellipse/Cercle