Interaction gestuelle

Mathieu RAYNAL

mathieu.raynal@irit.fr

https://www.irit.fr/~Mathieu.Raynal/

Sommaire

- Qu’est ce qu’un geste ?
- La place du geste dans les systèmes interactifs
- Comment capter un geste ?
- Comment reconnaitre un geste ?

Qu’est ce qu’un geste ?

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 ***[Cadoz 94]***
  - 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

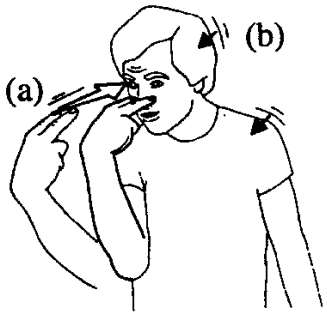
- Le geste **moteur** : **agir**

- 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

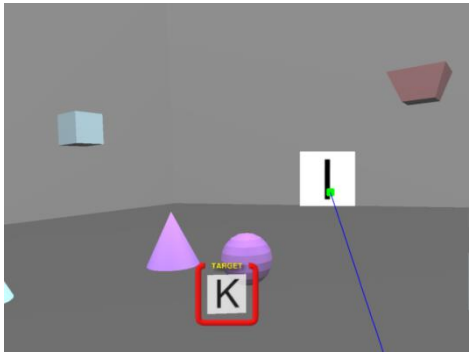
- La **communication** gestuelle : **faire connaître**
- La main joue le rôle d'organe d'émission d'information
  - à destination de l'environnement
- Diversité des gestes et différents niveaux de communication
  - Vocabulaire réduit (gestes des plongeurs, grutiers, courtiers)
  - Geste co-verbal (simultané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

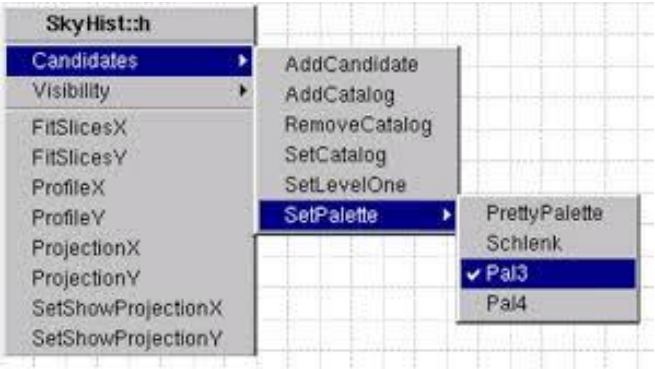


La place du geste dans les systèmes interactifs

Le geste est partout …

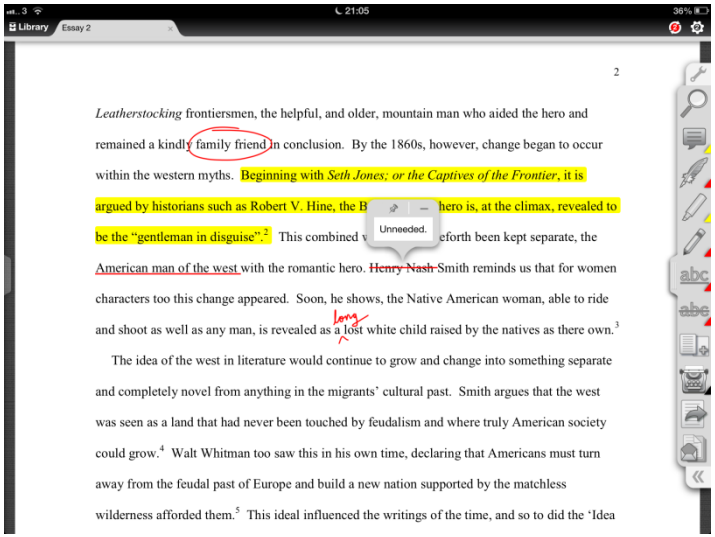
- Comme entrée
  - Pointage et manipulation d'objets





Le geste est partout …

- Comme entrée
  - Dessin
  - Des marques et des signes :
    - souligner,
    - encercler,
    - flèches …

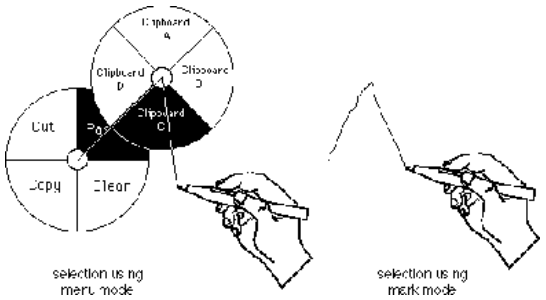


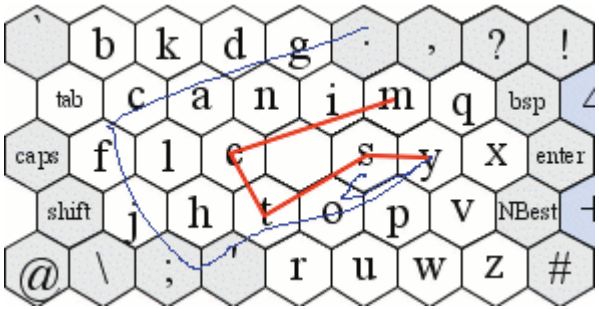
Laisse une **trace** …

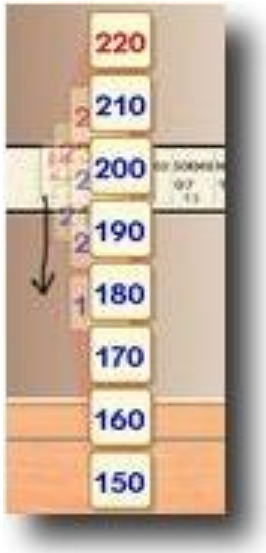
… mais pas d'**interprétation**

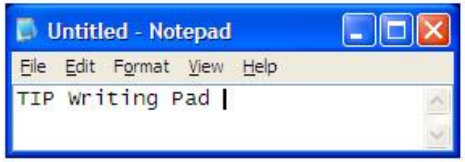
Le geste est partout …

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







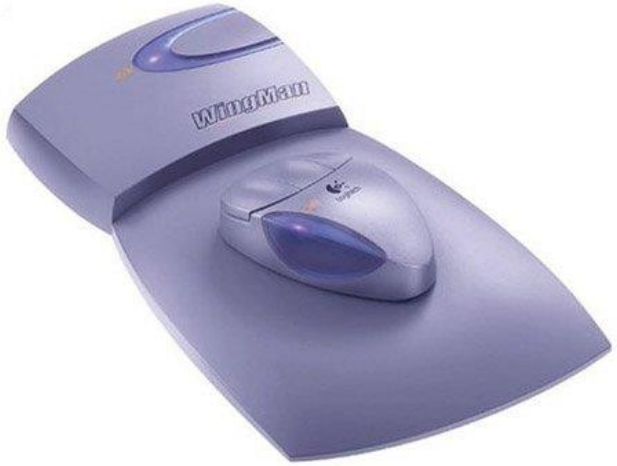


Le geste est partout …

- Comme sortie
  - Mouvements générés
    - synthèse de geste
  - Information accessible au toucher

Le geste est partout …

- Comme entrée et sortie
  - Dispositif à retour d'effort
    - Souris
    - Stylo
  - Souris tactile



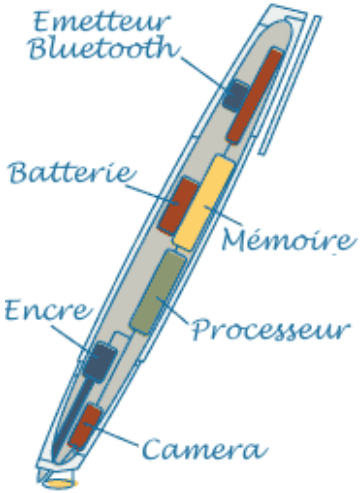
Tornil B. (2006) Adaptations et Interactions gestuelles et haptiques, ciblées utilisateurs.Vers plus d'utilisabilité et d'accessibilité, mémoire de thèse

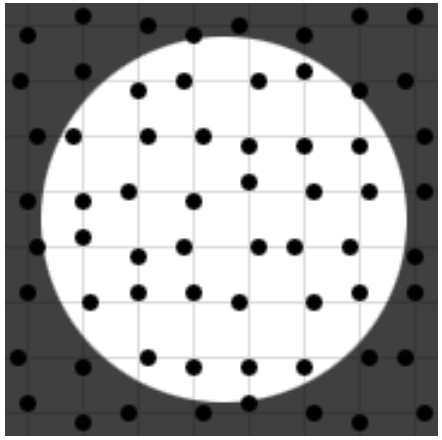
Comment capter un geste ?

Grande diversité des dispositifs de capture

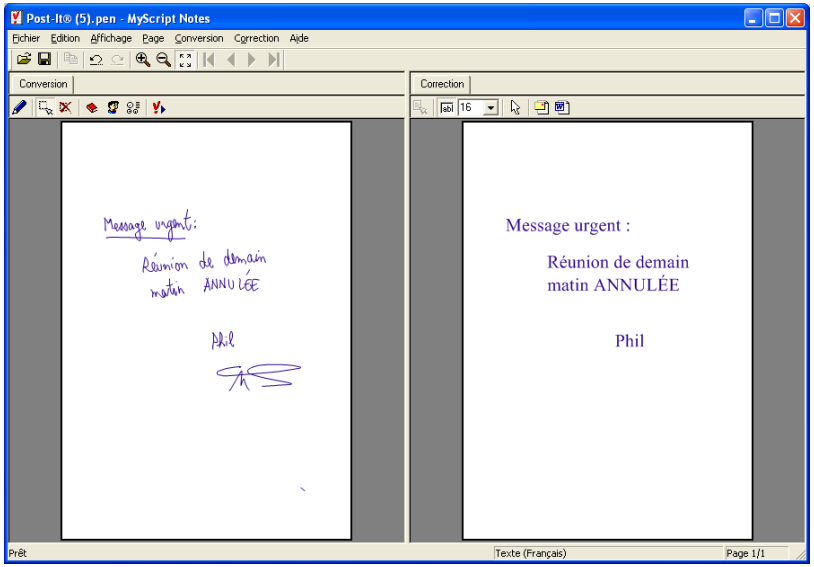
- À base de vision
- Gants numérique
- Écran tactile
- Capteurs
- Stylo

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>
```

Passer du physique au virtuel …

Interaction directe versus indirecte

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

- Interaction indirecte
  - Espace moteur
  - Espace visuel

Espace moteur et visuel

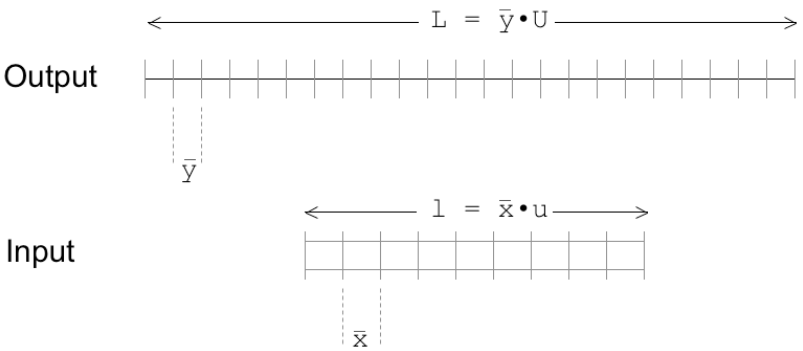
- Espace physique/moteur
  - Degré de liberté
    - Translation
    - Rotation
  - Dispositifs
    - Isotonique
      - Valeurs mesurées : Position / Vitesse
    - Isométrique
      - Valeurs mesurées : Force / Déplacement
- Espace virtuel/visuel
  - Déplacement d’un pointeur
    - Position
    - Vitesse

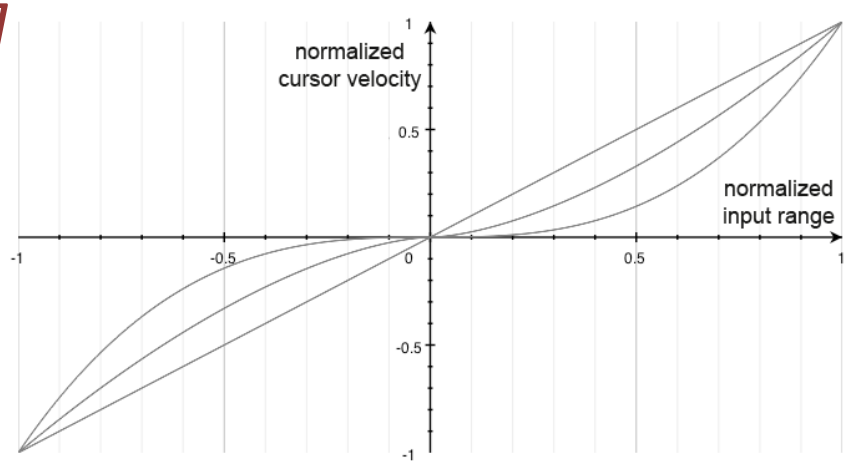
Fonction de transfert

- Relations privilégiées entre moteur et visuel ***[Zhai 95]***
  - Dispositif isotonique → contrôle de position
  - Dispositif isométrique → contrôle de vitesse

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

- Fonction de transfert ***[Casiez 12]***



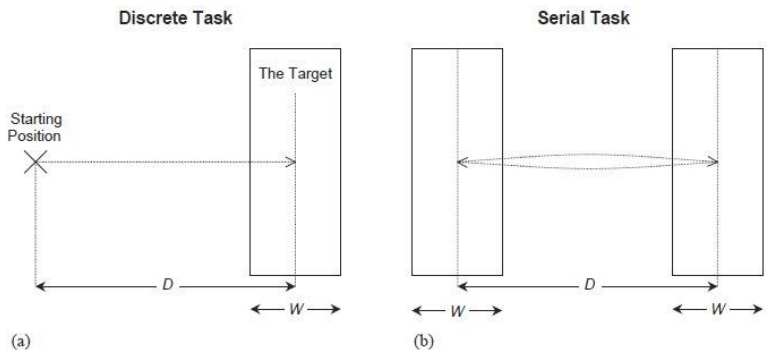


G. Casiez (2012) *Du mouvement à l'interaction et au geste : études, techniques, outils et périphériques*
Habilitation à diriger des recherches, Université Lille 1

Evaluer et optimiser un mouvement

Prédire le temps nécessaire pour pointer une cible

- Loi de Fitts
  - A la base pour le monde physique en 1D
  - Applicable aux systèmes informatiques



- Le temps nécessaire pour pointer une cible dépend de l'indice de difficulté
  - Calculé à partie de la distance et de la taille

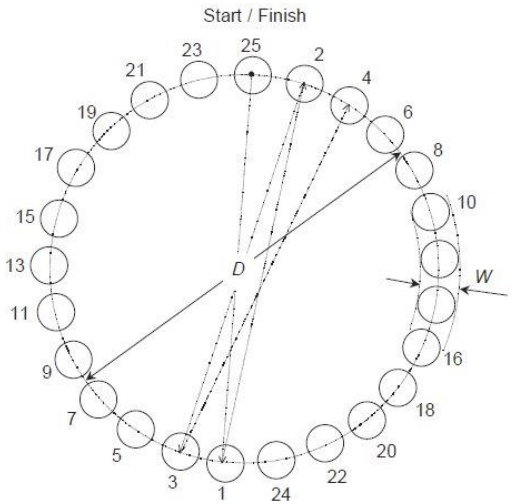
$$ID = \log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right),$$

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

Soukoreff, R. W., & MacKenzie, I. S. (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

- Loi de Fitts adaptée à plusieurs dimensions…

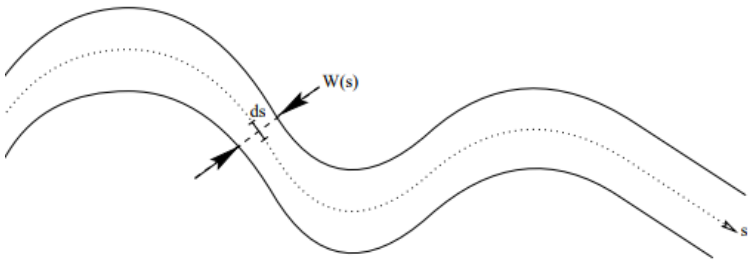


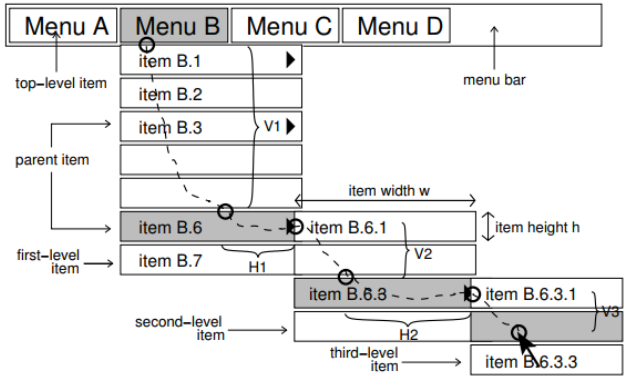
→ Norme ISO pour l'évaluation d'un dispositif de pointage

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)

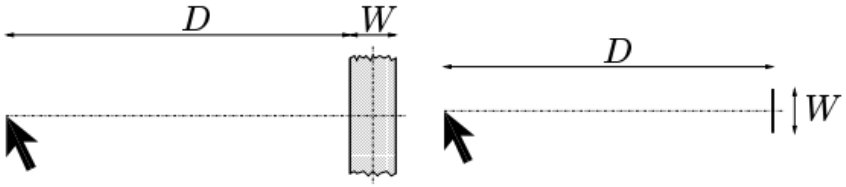
- Mouvement contraint - Steering law





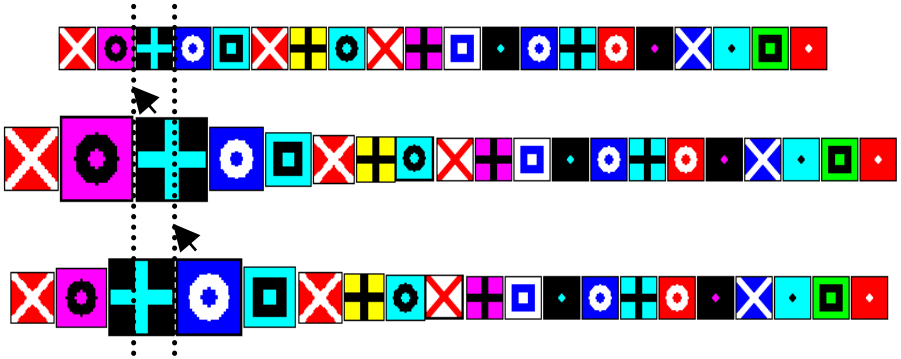
Accot, J., & Zhai, S. (1999). Performance evaluation of input devices in trajectory-based tasks: an application of the steering law. In Proc of CHI'99, pp. 466-472, ACM.

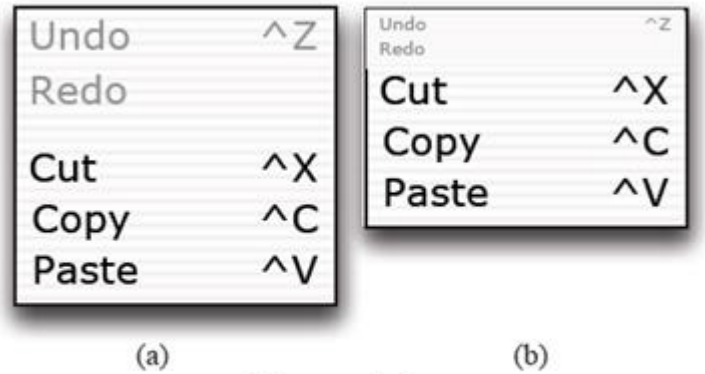
- Pointage versus traversée



Johnny Accot and Shumin 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





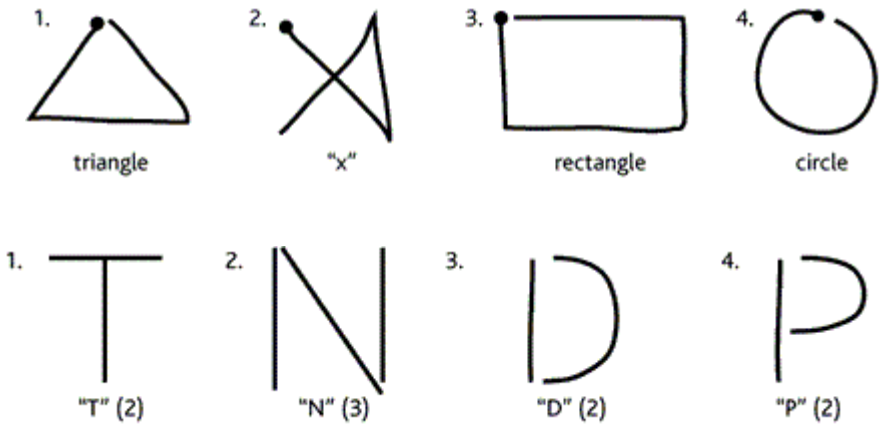
Menu redesign

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

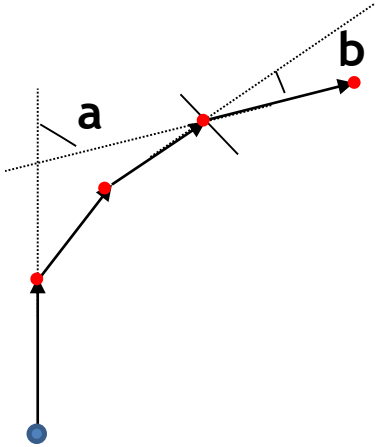
Comment reconnaitre un geste ?

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



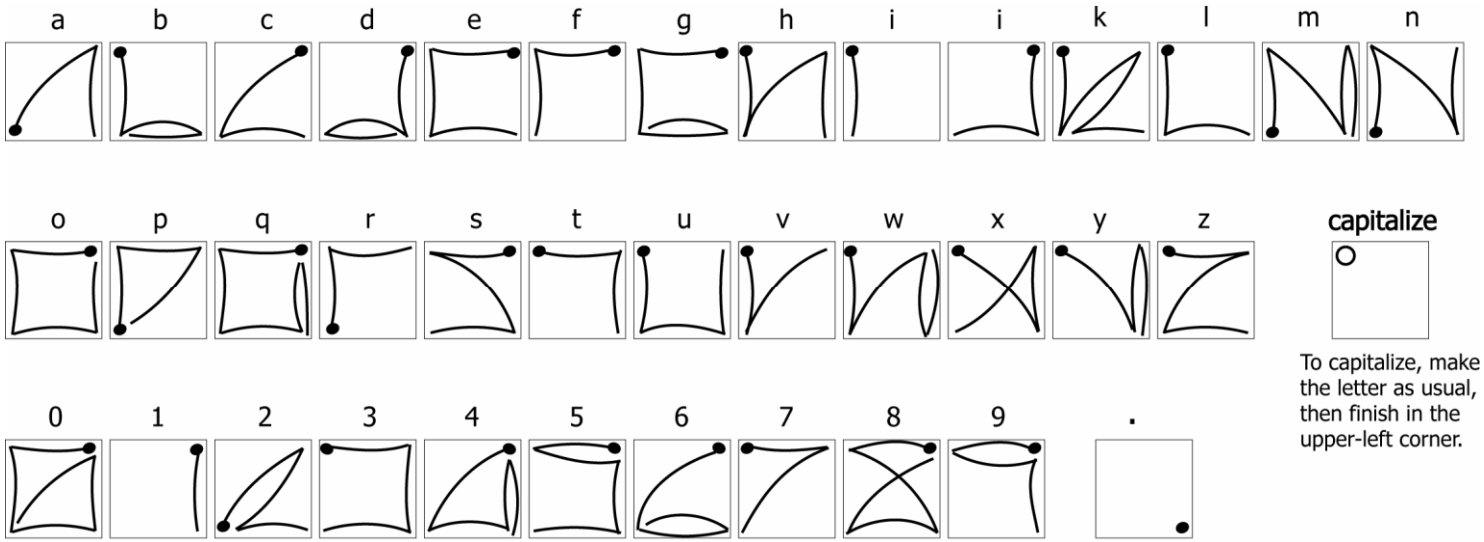
- Chaque geste est associé à une action
  - Lorsque le geste est reconnu, l'action est effectuée

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



J.O. Wobbrock, B.A. Myers, J.A. Kembel (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 boite carrée
  - Plus grande dimension de la boite englobante
  - Centrage du geste

1	2	3
4	5	6
7	8	9

- Division de la boite 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.

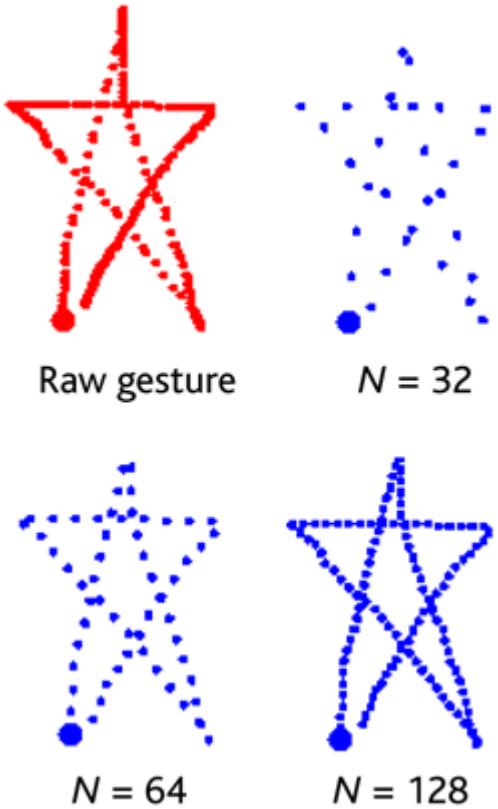
$1 Recognition : algorithme

- 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

1ère étape : ré-échantillonnage

- Objectif
  - Avoir le même nombre de points (N) pour chaque tracé
    - Facilite le calcul de la distance euclidienne



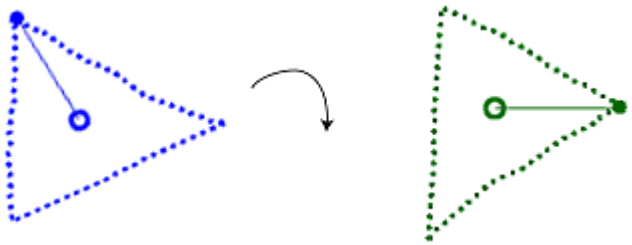
- Procédure
  - Calculer la longueur totale (L) du geste
  - Distance (l) entre 2 points

$$l = L/(N-1)$$

  - Sur le tracé, les nouveaux points sont tous placés à une distance équivalente (l)

2e 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

3e étape : Redimensionner et repositionner

- Calcul de la boite 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

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

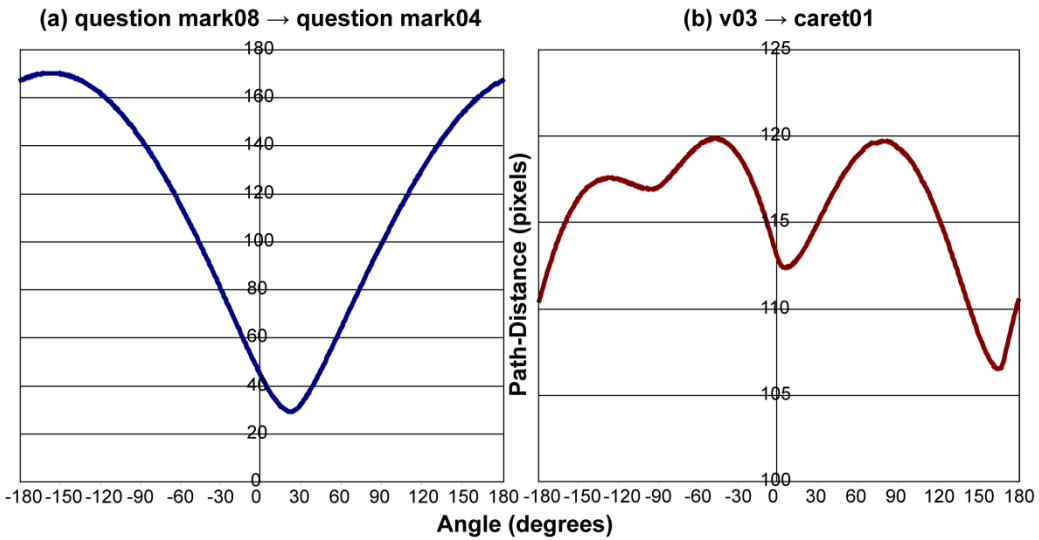
- Le pattern qui a la plus petite distance avec le tracé correspond au geste reconnu

- La distance est transformée en score

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

Optimisations

- Tous les tracés sont alignés (cf. étape 2)
- Cela ne garantit pas le meilleur alignement
- Optimisation possible
  - Ajuster l'angle de rotation de C
    - Golden Section Search (GSS)

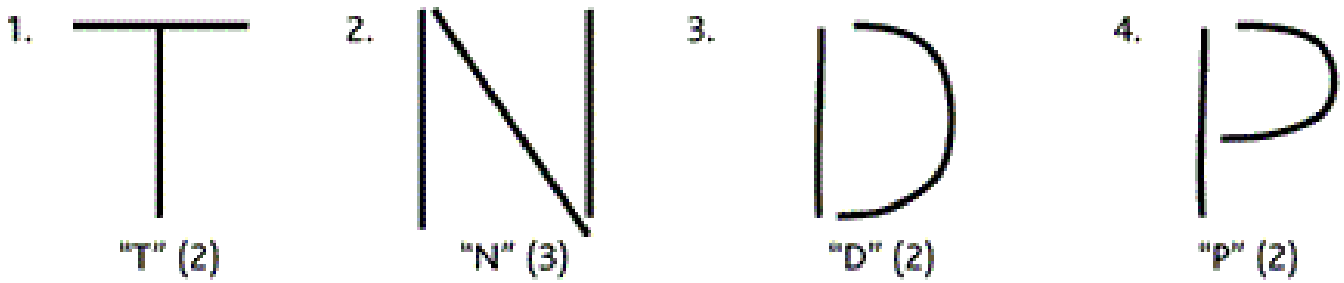


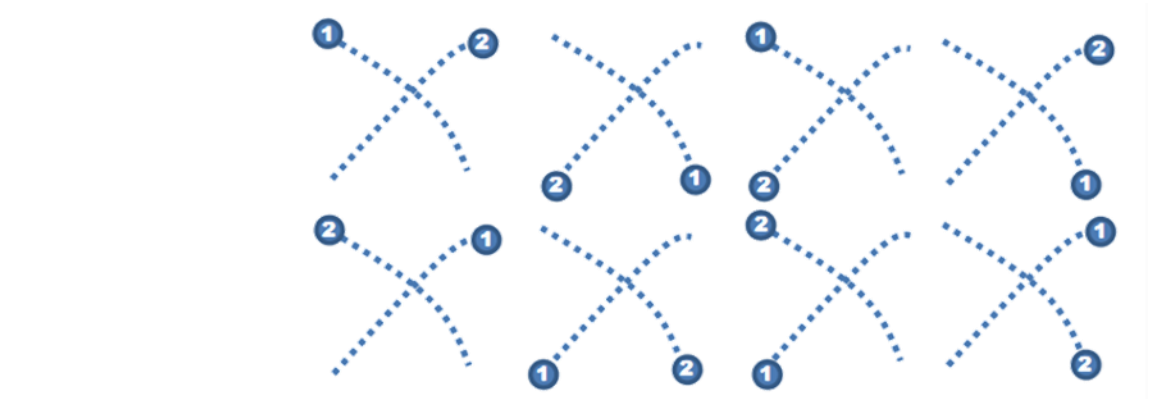
$1 Recognition : En résumé

- 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

$N Multistroke recognizer





L. Anthony, J.O. Wobbrock (2010). *A lightweight multistroke recognizer for user interface prototypes.* Graphics Interface (GI '10), pp. 245-252.