

# DYNAMIQUE DE LA RECONNAISSANCE DE CARACTERES VIA UNE INTERFACE HAPTIQUE

Sylvain Hanneton<sup>1</sup>, Charles Lenay<sup>1</sup>, Olivier Gapenne<sup>1</sup>,  
Sébastien Vermandel<sup>2</sup> et Catherine Marque<sup>2</sup>

<sup>1</sup>**COSTECH**, Département Technologie et Sciences de l'Homme,

<sup>2</sup>**BIM**, Département Génie Biomédical,

Université de Technologie de Compiègne, BP 60.649, 60206 Compiègne, France.

Tel : 03 44 23 43 68 (e-mail : sylvain.hanneton@utc.fr).

## Résumé

Nous abordons la question de la constitution d'une perception de la forme dans le cadre de situations de discrimination et de reconnaissance tactile d'images bidimensionnelles (en l'occurrence des caractères). Nous avons développé un dispositif de suppléance sensorielle permettant de générer des stimulations tactiles en tout ou rien lors de l'exploration d'une forme en noir et blanc. En empêchant un accès global et instantané aux formes, nous pouvons tester l'hypothèse que le couplage entre actions et sensations lors de l'exploration de l'image tactile permet la reconnaissance ou la discrimination de ces formes. Nous montrons que ce dispositif donne effectivement accès à la perception de formes et que les sujets font appel à un répertoire sensori-moteur caractéristique.

Mots clefs : perception – action - reconnaissance de formes – interface haptique -suppléance perceptive

## Summary

We tackle the question of the constitution of a perception of forms within the framework of experiments requiring the tactile discrimination and recognition of two-dimensional pictures (characters). We developed a sensory substitution device allowing to generate tactile stimulations in an all or nothing way during the exploration of black and white forms. This device prevents subjects from having a global and instantaneous access to forms. We can consequently test the assumption that the coupling between actions and sensations during the exploration of the tactile image allows the recognition and the discrimination of these forms. We show that this device gives indeed access to the perception of forms and that the subjects use a well-identified sensorimotor repertoire.

Keywords : perception – pattern recognition – perception action coupling – haptique interface - sensory substitution

## Introduction

L'objet de cette étude est l'analyse de la genèse d'une perception de l'espace dans le cadre de la discrimination et la reconnaissance de caractères. Dans ce but, nous avons développé un dispositif expérimental, le « stylet tactile », permettant de générer des stimulations tactiles lors de l'exploration d'une image. Ce dispositif est minimaliste du point de vue des sensations car, loin de la résolution de systèmes équivalents, seuls quelques stimulateurs (au plus 5 dans l'étude présentée ici) fonctionnant en tout ou rien sont à la source des sensations. Le pari motivant ce développement est que la liberté d'action du sujet (ses déplacements sur l'image) est à l'origine d'un couplage sensori-moteur permettant la constitution de percepts. Pour tester cette hypothèse, nous avons placé des sujets naïfs en contact avec le dispositif en leur soumettant une tâche de discrimination et une tâche de reconnaissance de caractères. Les résultats de cette étude montrent que la discrimination et la reconnaissance de caractères, impliquant une constitution de l'espace, sont effectivement possibles. Les enregistrements des mouvements et percepts au cours de la tâche d'exploration nous ont permis d'étudier les stratégies employées par les sujets c'est à dire les propriétés du couplage observé. Ce couplage fait appel à un répertoire sensori-moteur caractéristique.

## Dispositif Expérimental et Méthodes

Le dispositif expérimental comprend un ordinateur, une tablette graphique et un boîtier de commande permettant de piloter de un à cinq stimulateurs tactiles via le port parallèle de l'ordinateur. Les stimulateurs tactiles sont des transducteurs magnétiques légèrement modifiés commandés en tout ou rien et vibrant à une fréquence de 200 Hertz. Un curseur se déplace avec le stylet sur une image noir et blanc affichée sur l'ordinateur. Le boîtier de commande nous permet d'associer une stimulation tactile à l'environnement graphique entourant la position courante de ce curseur. Dans cette étude, nous avons utilisé la règle suivante. Cinq champs récepteurs constituent une rétine simplifiée se déplaçant avec le curseur sur l'image. Un champ central (fovéa) possède une résolution de un pixel, alors que les quatre autres champs (champs « larges, périphériques ») sont des carrés de 3 pixels de cotés se recouvrant partiellement. Un stimulateur tactile est associé à chaque champ récepteur et est activé dès lors qu'au moins un pixel noir se trouve dans le champ récepteur. Les stimulateurs sont mis en contact avec la pulpe des phalanges de la main tenant le stylet (un stimulateur sur la deuxième phalange du majeur, trois sur les phalanges de l'annulaire, et un dernier sur la deuxième phalange de l'auriculaire). Ce dispositif de suppléance sensoriel permet donc l'exploration, sur la tablette graphique, d'une image tactile virtuelle (Bach Y Rita, 1972).

Les capacités des sujets à constituer une perception via ce dispositif ont été testées dans le cadre de deux paradigmes expérimentaux différents : un paradigme de discrimination entre deux formes symétriques et un paradigme de reconnaissance de formes. Dans une première série d'expériences, nous avons demandé aux sujets (au nombre de 3) de discriminer deux symboles (la lettre majuscule S et son symétrique par rapport à un axe vertical, présentation de 20 stimuli). Dans la seconde série, nous avons présenté aux sujet (au nombre de 9) une séquence de 10 lettres majuscules («ITLPSVBORD», traits larges de 3 pixels au plus) à reconnaître. Lors de chaque présentation de stimulus, l'essai est stoppé lorsque le sujet donne une réponse verbale, et aucun retour sur la valeur de la réponse ne lui est fourni. Dans les deux expériences, les sujets sont privés temporairement de vision et d'audition. Le temps de réponse ainsi que la trajectoire du stylet sur la tablette sont enregistrés à chaque essai.

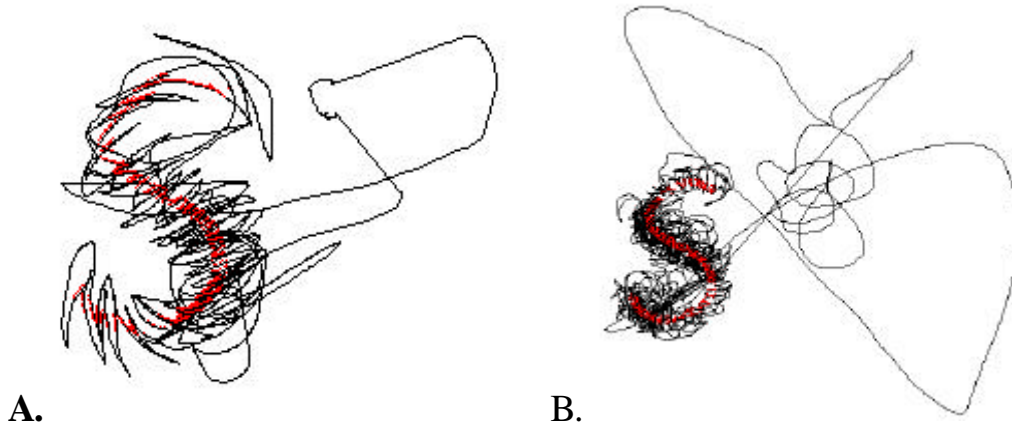
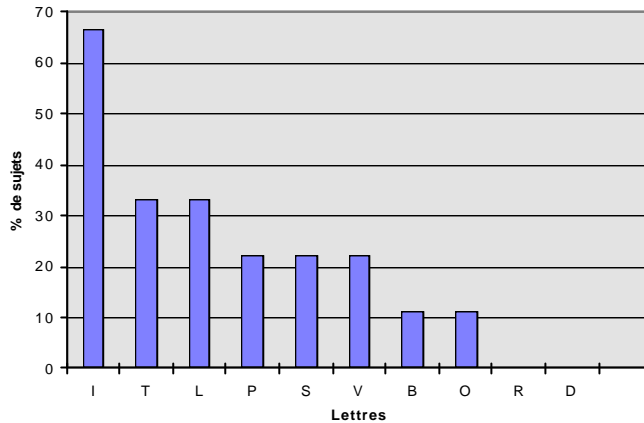


Figure 1



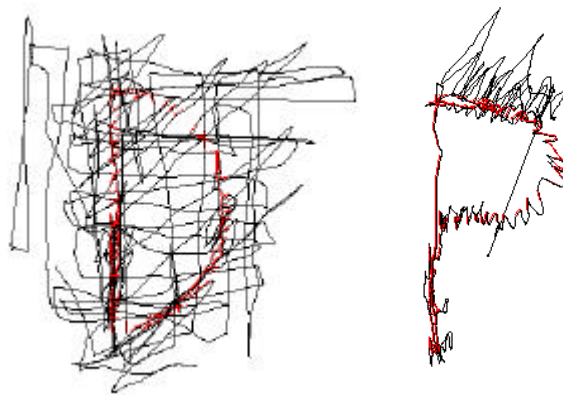
**Figure 2**

*Pourcentage de sujets ayant donné la bonne réponse pour chaque lettre présentée (les sujets n'étant pas informés du sous-ensemble de lettres choisi, une réponse donnée au hasard n'a qu'une chance sur 26 d'être bonne).*

## Résultats

Les résultats de l'expérience de discrimination ont été très concluants puisque les trois sujets ont un taux de bonnes réponses de respectivement 100 %, 90 % et 90%. Les temps de réponse, importants lors du premier contact avec le dispositif, diminuent graduellement avec la pratique. Dans le cadre de la seconde expérience (reconnaissance de lettres), nous constatons que l'efficacité de la reconnaissance dépend de la forme explorée (voir

**Figure 2**). La présence de courbes et de segments inclinés est un facteur perturbant la reconnaissance. Cependant les résultats ne renvoient pas à une estimation classique de la complexité des formes : le «O» et le «D», qui sont des formes «a priori simples» sont très rarement ou pas du tout reconnues. L'examen des trajectoires du stylet met en évidence l'émergence d'une stratégie dite de «balayage de contours» que l'on retrouve chez tous les sujets. Cette stratégie consiste en une oscillation locale du trait quasi perpendiculaire au squelette de la lettre (voir Figure 1 et Figure 3, trajectoire de droite). Dans le cadre de l'expérience de reconnaissance, ce balayage est très souvent combiné à un balayage plus large (de type «scanning») qui intéresse toute la lettre (voir Figure 3, trajectoire de gauche). Notons également que les sujets «se perdent» parfois dans l'image (voir Figure 1-B). Ce fait indique qu'il leur est très difficile de localiser le lieu de leur action sur la surface de la tablette.



**Figure 3**

## Discussion

On voit que même des sujets naïfs, n'ayant jamais pratiqué le dispositif de couplage minimal proposé, réussissent la tâche de reconnaissance de caractères avec un succès bien supérieur au hasard. Les stratégies d'exploration (la dynamique des gestes effectués) et les problèmes rencontrés, impliquant notamment la dérive proprioceptive (Wann et Ibrahim, 1992), nous semblent très révélateurs sur ce processus de reconnaissance de formes haptiques. De plus ils suggèrent de nouvelles hypothèses pour une perspective alternative sur la reconnaissance de forme en général. En effet, par sa pauvreté même, notre dispositif de couplage force une externalisation de l'activité de reconnaissance de formes. Les formes à reconnaître ne sont pas données toutes entières aux organes récepteurs de la perception, comme cela peut être le cas pour une forme projetée sur la rétine ou plaquée sur une surface de la peau (ce qui reporte le processus de reconnaissance à une activité essentiellement interne). A aucun moment, la forme à reconnaître (ou une de ses parties) n'est donnée comme telle puisqu'il n'y a qu'une sensation à la fois. Au contraire dans l'exploration haptique, par exemple celle de lettres brailles par un aveugle, à chaque instant tout un pattern de sensations simultanées est reçu. Ici, la forme ne peut être atteinte que via son exploration. L'activité de reconnaissance est donc entièrement déployée dans le temps et l'espace d'une activité externe. Le parcours actif est à la fois reconnaissance et constitution de la forme. Comme dans une perspective phénoménologique, la perception est la réussite (ou non) du remplissement d'une visée active. Ceci peut être discuté plus précisément à partir d'une « grammaire gestuelle » isolant différentes composantes de la dynamique exploratoire observée.

**Mouvements de balayage** - On peut tout d'abord isoler un geste de balayage qui, commençant par des mouvements exploratoires assez amples, fini par converger vers un micro-balayage de fréquence relativement stable autour d'un point de stimulation. D'autres expériences (Lenay 1997a, Lenay et al. 1997b), nous conduisent à penser qu'il s'agit là essentiellement d'une opération de localisation des points de stimulation : la position du point est constituée par une anticipation stable de la stimulation tactile en fonction des commandes des mouvements du stylet. Mais un tel type de geste n'est pas suffisant pour produire la reconnaissance de forme. Bien sûr, en admettant une mémoire illimitée et une proprioception précise, on pourrait envisager de réaliser un scanner de l'image, c'est-à-dire une « cartographie » donnant l'ensemble des positions relatives des différents points qui la composent. On pourrait ainsi calculer une « image mentale » de la forme à percevoir. Mais ce n'est pas là la reconnaissance proprement dite. On est en fait renvoyé à la conception classique d'une forme reçue qu'il faut ensuite catégoriser. On n'aurait fait que compliquer l'étape préliminaire de la réception de la forme. De toute façon, on observe durant les expériences une inexactitude de la mémoire proprioceptive : quand les sujets perdent le « contact » avec un point de stimulation, ils se trouvent souvent perdus, errant à la recherche de leur position de départ. Il est donc pratiquement impossible de dresser une telle carte des positions.

**Suivi de contour** - Le second type de geste exploratoire que l'on peut isoler est celui du suivi de contour. Il consiste en une combinaison du micro-balayage, perpendiculaire au bord de la forme, avec un déplacement longitudinal, tangentiel, suivant des directions élémentaires (portions de droite ou de courbe, voir Figure 1). Cette exploration est corrigée progressivement suivant les surprises du contour. Quand le bord est perdu, le stylet ralentit, revient en arrière, tente une nouvelle direction, et dès que le micro-balayage redonne une stimulation régulière, reprend son chemin dans une même direction... jusqu'au prochain détour. Chacune de ces directions tangentielles est la confirmation ou la déception d'une

anticipation sur les stimulations attendues via le micro-balayage. Nous proposons de caractériser cette étape comme celle d'une reconnaissance de « traits » composant la forme. On peut là aussi imaginer qu'à ce stade, l'enchaînement de ces « traits » permette de construire une « image mentale ». Quoique l'on ait déjà avancé en retraduisant une image comme ensemble de positions de points en une image comme combinaison de traits (l'étape classique d'extraction de contour à été externalisée), il faudrait encore ensuite reconnaître et catégoriser cette image mentalement construite. De plus, il semble que le couplage ne donne pas d'abord accès à la géométrie de l'espace exploré mais plutôt à sa topologie (cf. confusion entre le « D » et le « O », entre le « U » et le « V »).

**Geste d'écriture** - La reconnaissance proprement dite ne semble ici atteinte qu'au moment où le sujet est capable de combiner au geste de micro-balayage, celui d'une séquence dynamique de traits reproduisant le tracé. Dès lors le stylet parcourt en oscillant et sans perdre les bords l'ensemble de la forme (voir Figure 3-droite). La reconnaissance d'un caractère serait ainsi la vérification que le geste, qui dans d'autres conditions correspondrait à la production de cette forme, permet effectivement d'anticiper correctement les sensations reçues. Non seulement, la lecture serait la reconnaissance du geste de l'écriture (Ploux, 1994, 1997 ), mais elle serait quasiment la réalisation du geste d'écriture du caractère lui-même.

Dans cette expérience limite, la perception n'est plus la réception (puis la représentation) d'une forme mais sa construction active, et ceci non seulement sur le plan cognitif, mais de façon quasiment concrète par son écriture gestuelle. Ceci nous conduit à supposer que cette reconnaissance pourra être facilitée par un apprentissage durant lequel on alternera des phases d'écriture et de lecture de ce qui a été produit. Cet ensemble d'hypothèses définit le programme de recherche expérimental que nous sommes en train de développer.

#### Références

- Bach Y Rita, P. (1972). Brain mechanisms in sensory substitution. New York : Academic Press. (ouvrage initial).
- C.Lenay (1997a). Mouvement et perception : médiation technique et constitution de la spatialisation in *Le mouvement. Des boucles sensori-motrices aux représentations cognitives et langagières*, actes de la Sixième école d'été de l'Association pour la Recherche Cognitive, pp. 69-80.
- C.Lenay, S.Cannu, P.Villon (1997b).Technology and Perception: the Contribution of Sensory Substitution Systems, *Second International Conference on Cognitive Technology, Aizu, Japan*, Los Alamitos: IEEE, pp. 44-53.
- S. Ploux (1994). An example of perception and action coupling :handwriting recognition. in C. Faure, P. Keuss, G. Lorette, A. Vinter (eds). *Advances in handwriting and drawing. A multidisciplinary approach*. Europa.
- S. Ploux. (1997). Une étude pour un modèle morphogénétique de la structuration cognitive : la construction des fonctions de saisie et d'imitation Contribution à l'école d'été de l'ARC. Thème : Le mouvement : des boucles sensori-motrices aux représentations cognitives et langagières.
- J.P. Wann and S.F. Ibrahim (1992). Does limb proprioception drift ? *Experimental Brain Research*, 91:162-166.

Tous nos remerciements à Clotilde VanHoutte pour sa gentillesse, sa disponibilité et l'aide inestimable qu'elle nous a apporté lors de la réalisation de cette étude.