



HAL
open science

L'ajustement dans le geste du pointage par l'index. De l'incertitude réfléchie ou instinctive ?

Khalid Rashdan

► **To cite this version:**

Khalid Rashdan. L'ajustement dans le geste du pointage par l'index. De l'incertitude réfléchie ou instinctive ?. L'incertitude, Jun 2011, Paris, France. halshs-00608554

HAL Id: halshs-00608554

<https://shs.hal.science/halshs-00608554>

Submitted on 19 Jul 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'ajustement dans le geste du pointage par l'index

De l'incertitude réfléchie ou instinctive ?

Khalid RASHDAN

University Paris Descartes, Laboratory MoDyCo.

Faire des gestes en parlant accentue le sens, la signification de ce que l'on peut dire (Morford et Goldin-Meadow, 1992). Goldin-Meadow et ses collègues (2001) ont effectué une étude impliquant 40 enfants et 36 adultes. Les chercheurs constatèrent que les gens à qui l'on avait permis de faire des gestes se rappelaient en moyenne 20% de mots et de lettres en plus que l'autre groupe. Demander à des gens d'expliquer comment ils ont résolu leurs problèmes de mathématiques, alors que leur cerveau effectue en même temps une rétention de mots et de lettres, entraîne une «charge mentale» importante. Selon Goldin-Meadow et ses collègues, les gestes réduisent cette charge mentale en remplaçant certaines explications verbales par des symboles et en allégeant le travail d'explication verbale.

Le passage d'un contrôle rétroactif à un contrôle proactif du geste :

Nous pouvons distinguer deux grandes modes de contrôle des mouvements :

- ❑ **Un contrôle en boucle ouverte (rétroactif) :** Dans ce premier mode, une trace motrice stockée en mémoire à long terme, détermine le début du mouvement qui est ensuite ajusté en temps réel grâce aux feedbacks sensori-moteurs. Il s'applique ainsi à des mouvements dont la durée est suffisamment importante pour permettre ces modifications (supérieurs à 100 ms).

- ❑ **Un contrôle en boucle fermée (proactif) :**

En revanche, le contrôle en boucle fermée s'applique à des mouvements très rapides. Il suggère que le mouvement est *entièrement programmé par avance et donc exécuté sans référence aux indices sensoriels*. Bien entendu, quel que soit le mouvement, le mode de

contrôle n'est jamais exclusif, mais intègre à la fois des feedbacks et des programmes moteurs dont la contribution respective dépend de la tâche et de l'expertise des participants. *Le mode de contrôle des mouvements serait essentiellement rétroactif au début de l'apprentissage (Zesiger P. 1995).* Les enfants utilisent, au cours du tracé de la lettre, les feedbacks sensoriels (visuels et kinesthésiques) issus de leurs propres mouvements manuels. Avec l'apprentissage et l'automatisation, un mode de contrôle proactif des mouvements deviendra dominant.

Ainsi, les enfants n'auront plus besoin de feedbacks sensoriels pour tracer une lettre, car ils pourront se baser sur un « programme moteur » comprenant des commandes motrices centrales nécessaires et suffisantes pour la tracer correctement et rapidement.

Automatisme et prédiction du programme moteur :

Le concept de *programme moteur* peut être défini très simplement en tant que *série de commandes musculaires, spécifiées avant le début du geste et qui permettent à ce dernier d'atteindre son but indépendamment de l'influence des boucles de rétroaction.* Selon Keele (1968, p. 387), le programme moteur définit une « série de commandes musculaires structurées avant le début d'une séquence motrice, et qui permet à la séquence tout entière de se dérouler sans être influencée par les rétroactions périphériques ».

Prablanc observa qu'en général, pour des mouvements de pointage rapides, les sujets humains commencent par bouger les yeux, puis la tête et enfin le bras. Dans cette configuration, le regard arrive classiquement sur la cible juste avant le déclenchement de la réponse manuelle (Prablanc *et al.*, 1979 ; Prablanc et Martin, 1992). Dans une première étude, Prablanc et son équipe montrèrent que cet ordonnancement « œil-tête-bras » résultait principalement de facteurs inertiels.

En effet, lorsque le sujet devait pointer « aussi vite et précisément que possible » vers des cibles périphériques, l'activité électromyographique apparaissait de façon non pas séquentielle, mais concomitante sur les différents segments oculaires, céphaliques et manuels (Biguer *et al.*, 1982 ; voir aussi Gribble *et al.*, 2002).

Ce résultat est fondamental dans la mesure où il implique que le déplacement de la main est initialement élaboré sur la base d'informations rétinienne périphériques. Or, ces informations

ne permettent pas un encodage aussi précis de la position de la cible que les informations fovéales (Prablanc *et al.*, 1979 ; Abrams *et al.*, 1990 ; Bock, 1993 ; Desmurget *et al.*, 2005b).

Les travaux de Prablanc *et al.* Permirent de montrer que cette imprécision originelle était *corrigée pendant le déroulement du mouvement du bras* et ce, que le sujet puisse ou non voir sa main (Prablanc *et al.*, 1986 ; Desmurget *et al.*, 2005b).

Pour confirmer et généraliser ce résultat, Prablanc et ses collègues eurent l'idée de recourir à un subterfuge expérimental permettant d'augmenter l'erreur de planification initiale à l'insu du sujet (Goodale *et al.*, 1986 ; Prablanc et Martin, 1992). L'astuce consistait alors à modifier la position de la cible pendant le déplacement des yeux. Cette modification, qui intervenait après le début du geste de pointage manuel, n'était pas perçue par le sujet en raison du *phénomène de suppression saccadique* (les sujets humains sont « aveugles » à certain signaux visuels pendant le déplacement des yeux).

Les résultats montrèrent que la main répondait à cette perturbation subliminale en quittant sa trajectoire princeps pour s'orienter progressivement vers la nouvelle cible. Des analyses cinématiques précises révélèrent que ce processus d'inflexion survenait avec des latences étonnamment courtes, de l'ordre de 115 ms (Prablanc et Martin, 1992).

- **Conclusion:**

les boucles de rétroaction rapide reposaient sur des mécanismes prédictifs impliquant une combinaison de signaux moteurs efférents et périphériques afférents (Miall *et al.*, 1993 ; Gerdes et Happee, 1994 ; Bhushan et Shadmehr, 1999 ; Desmurget et Grafton, 2000, 2003).

Sur la base d'une telle combinaison, la vitesse et la position probables de l'effecteur peuvent non seulement être estimées sans délai, *mais aussi prédites à l'avance* (Desmurget et Grafton, 2000). Cette capacité rend possible *l'ajustement de la réponse en cours aux contraintes environnementales*, même pour les mouvements les plus rapides.