

Analyse cinématique et analyse de la variabilité temporelle d'un mouvement de pointage alternatif

Isabelle Sallagoity, Didier Delignières et Denis Mottet

Efficienc e et Déficience Motrice - EA 2991

Université Montpellier I

isabelle.sallagoity@univ-montpl.fr

Introduction

Premièrement, depuis Fitts en 1954, la loi comportementale liant le temps de mouvement et le degré de difficulté d'un mouvement contraint spatialement est bien connue. De récentes études ont précisé que l'augmentation d'une contrainte de nature spatiale entraînait une modification de la cinématique du mouvement et que celle-ci pouvait être modélisée comme un système dynamique non linéaire (Mottet & Bootsma, 1999).

Deuxièmement, en dépit des présupposés théoriques classiques concernant la nature et le rôle de la variabilité d'un mouvement, des études ont révélé que la variabilité de mouvements contraints temporellement n'est ni aléatoire et ni sans signification mais possède une structure qui atteste de son importance dans les processus de contrôle et de régulation du mouvement. Dans une tâche de tapping, équivalente à une tâche de pointage sans contrainte spatiale, l'analyse des séries des intervalles temporels entre les tapes a notamment montré la présence de corrélations à long terme caractéristiques des processus fractals et plus précisément du bruit $1/f$ (Gilden, Thornton & Mallon, 1995). Ces propriétés fractales suggèrent que des systèmes non linéaires régulateurs opèrent loin de l'équilibre, et que le maintien d'une constante n'est pas le but du contrôle neurophysiologique. Cependant, toutes les activités rythmiques ne semblent pas soumises au même processus de contrôle. En effet, l'analyse spectrale de séries temporelles produites dans différentes tâches rythmiques semble révéler l'utilisation de deux types de timer, évènementiel ou séquentiel (Delignières *et al.*, 2004). Dès lors, on peut s'interroger sur les processus qui sous-tendent au contrôle d'une activité rythmique contrainte spatialement comme dans une tâche de pointage de Fitts.

Le but de cette étude est d'analyser conjointement l'organisation cinématique et la structure de la variabilité d'un mouvement contraint spatialement afin de pouvoir mettre en évidence la présence de processus de contrôle sous-jacents et leur évolution en fonction de la difficulté de la tâche.

Méthode :

Dix sujets ont participé à cette expérience. Ils devaient pointer alternativement deux cibles séparées d'un angle de 60° le plus précisément et le plus rapidement possible. Cette tâche de pointage a été effectuée avec 3 tailles de cibles différentes, à savoir 15° , 7.5° et 3.75° correspondant aux indices de difficulté (ID) de 3, 4 et 5 respectivement. L'expérience s'est déroulée en deux sessions successives, l'une était consacrée à la passation des ID3 et 4 et une session était consacrée à l'ID5. Pour chaque ID, les participants ont au préalable effectué une phase de familiarisation avant la phase de passation. La phase de familiarisation était composée de 3 essais au cours desquels les sujets devaient pointer alternativement les cibles pendant 2min30". Cette phase était suivie de la phase de passation qui correspondaient à la production de 1100 pointages alternatifs successifs sur chaque cible. Durant ces deux phases, les participants avaient comme consigne de toucher le plus de cibles possibles et le plus rapidement possible. Toutes les 30sec, les participants ont reçu un feed-back de leur performance. Les participants recevaient comme feed-back oral « c'est bien, continue », « attention, soit plus précis » et « attention, soit plus rapide », lorsque le taux d'erreur était compris entre 3 et 6%, supérieur à 6% et inférieur à 3% respectivement. Nous avons analysé l'organisation cinématique, l'harmonicité, le taux d'erreur et la fréquence moyenne des

mouvements de pointage. Des analyses spectrales (power spectrum analysis) ont été conduites pour déterminer la structure de la variabilité des 1024 données des intervalles inter-pointages.

Résultats :

Nous présentons ici que les résultats préliminaires de 4 sujets sur l'indice de difficulté de 3. Les analyses cinématiques ont révélé une harmonicité entre 0.94 et 0.98, un taux d'erreur entre 2 et 7% ainsi qu'une fréquence de mouvement moyenne comprise entre 2.3 et 3 Hz en fonction des sujets.

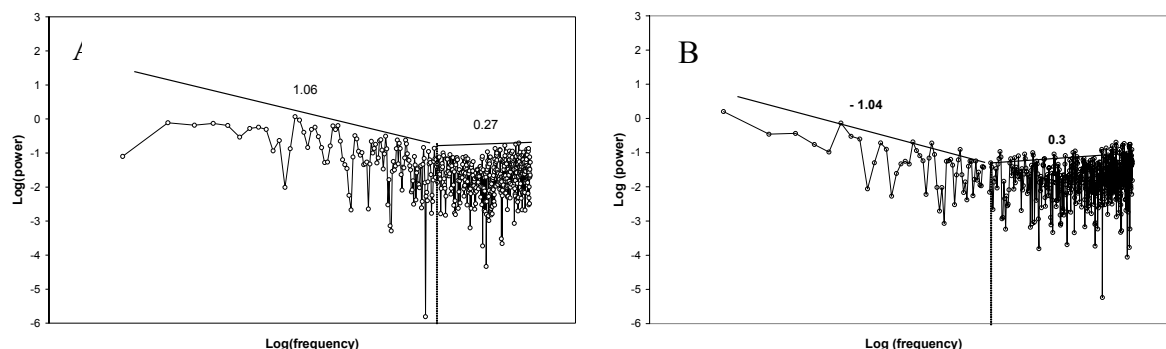


Figure 1 : Spectres de fréquences des sujets A et B lors d'une tâche de pointage pour un ID de 3.

La figure 1 représente les spectres de puissance des séries d'intervalles inter pointages (IIP) pour un ID3 des sujets A et B. Premièrement, ces deux spectres présentent une pente négative de -1.06 et -1.04 dans les fréquences basses, caractéristiques de processus fractals et plus spécifiquement du bruit $1/f$. Deuxièmement, ces spectres révèlent une pente positive de 0.27 et de 0.3 à haute fréquence pour les sujets A et B respectivement. De plus, l'analyse des spectres de puissance des deux autres sujets montre des résultats comparables, avec une pente négative en basse fréquence suivie d'une pente positive en haute fréquence de -1.12 et 0.7 pour un sujet, et -1.02 et 0.26 pour l'autre sujet.

Conclusion :

Comme dans une tâche de tapping (Gilden *et al.*, 1995), ces résultats préliminaires montrent que les intervalles de temps produits dans une tâche de pointage présentent des processus fractals de type $1/f$. De plus, la pente positive en haute fréquence révèle l'exploitation d'un timer événementiel comme dans l'exécution de mouvements discrets (Delignières *et al.*, 2004). Une tâche de tapping correspondant à une tâche de pointage sans aucune contrainte spatiale (ID=0), l'addition d'une faible contrainte spatiale (ID3) ne semble modifier ni la nature fractale du mouvement ni le type de timer exploité. Cependant, l'organisation cinématique d'un mouvement de pointage est altérée pour des ID plus élevés avec un passage d'un mouvement harmonique à disharmonique entre l'ID 4 et 5 (Mottet & Boostma, 1999). Les analyses en cours pourraient alors révéler parallèlement une altération de la fractalité et un changement du type de timer exploité pour des ID plus élevés (i.e., entre ID4 et 5).

Références :

- Delignières, D., Lemoine, L., & Torre, K. (2004). Time intervals production in tapping and oscillatory motion. *Human Movement Science*, 23, 87-103.
- Gilden, D.L., Thornton, T. & Mallon, M.W. (1995). $1/f$ noise in human cognition. *Science*, 267, 1837-1839.
- Mottet, D., & Boostma, R. J. (1999). The dynamics of goal-directed rhythmical aiming. *Biological Cybernetics*, 80, 235-245.