

Introduction

L'étude de la dynamique d'un système d'oscillateurs couplés s'articule le plus souvent autour de l'évolution de la phase relative (ϕ). Les différentes études sur les tâches bimanuelles ont mis en évidence la présence de coordinations préférentielles, ou attracteurs. Ces attracteurs sont les modes de coordination dit en phase ($\phi = 0$) et en anti-phase ($\phi = 180$). Une des particularités des coordinations multisegmentaires réside dans le fait qu'elles font intervenir des systèmes oscillants de natures différentes. Cela se traduit généralement par une différence entre les fréquences propres des oscillateurs ($\Delta\omega$). Cependant dans plusieurs tâches comme la locomotion, où le dispositif de la chaise articulée utilisé par Kelso et Jeka (1992), des modes de coordinations synchronisés apparaissent. A partir d'une tâche bimanuelle Sternard et Turvey (1992) ont mis en évidence l'effet de $\Delta\omega$ et de la force de couplage (K) sur l'évolution de (ϕ) et de sa variabilité : $\phi = \arcsin(\Delta\omega)(\omega_c/\omega_v)$, où ω_c représente la fréquence de la coordination requise et ω_v représente la fréquence propre du système d'oscillateurs couplés. Il existe une relation inverse entre ω_c/ω_v et K. Turvey et Shmidt (1994) montrent que l'évolution de ϕ vers des valeurs différentes de 0° et 180° tend à diminuer progressivement la stabilité de la coordination. Notre postulat de base est que ce modèle, validé dans le cadre d'une coordination bimanuelle, résiste aux contraintes inhérentes à une coordination multisegmentaire. Nous formulons l'hypothèse que dans une tâche de locomotion avec manipulation simultanée d'un pendule (1) la stabilité de ϕ diminue avec l'augmentation de $\Delta\omega$, (2) ce d'autant plus que l'inertie d'un des oscillateurs est importante (3) et que la moyenne de ϕ s'écarte des valeurs 0° et 180° avec l'augmentation de ω_c .

Méthode

La tâche consiste à manœuvrer un pendule tout en marchant sur un tapis roulant motorisé. Les décalages de phases entre la marche et le pendule représentent la variable collective résumant la coordination. 7 sujets masculins et droitiers ont participé à cette expérimentation. La tâche revêt un caractère insolite pour l'ensemble des participants.

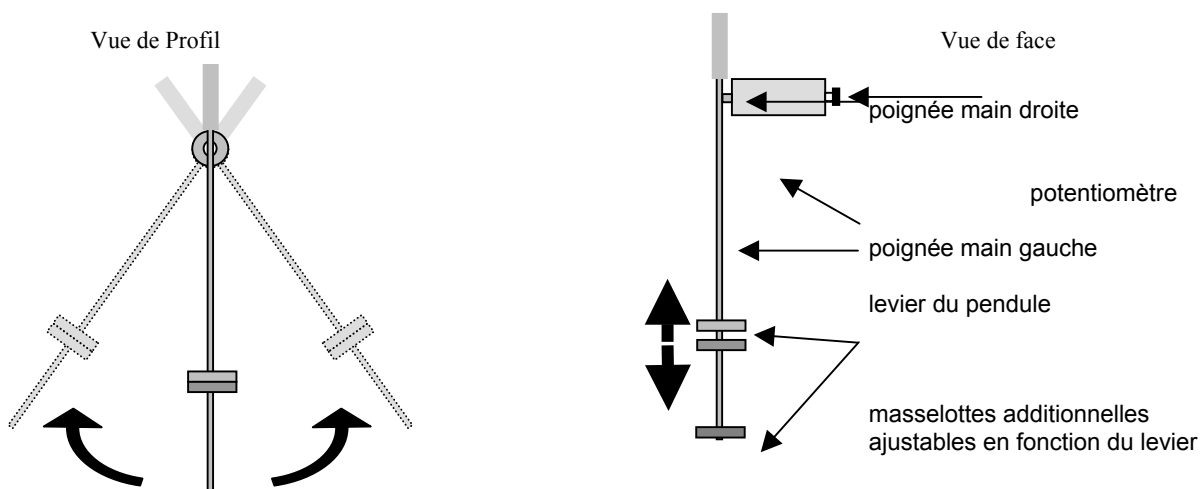


Figure 1: dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (figure 1) permet de faire varier la fréquence théorique du pendule et son inertie ce qui nous permet de tester 2 fréquences et 2 inerties (100g et 500g). Pour chaque sujet on détermine 3 vitesses de marche comprise entre la vitesse préférée (V_p) et la vitesse de transition marche/course (V_p incluse). Cette première étape nous permet de déterminer pour chaque sujet la fréquence propre des oscillateurs: fréquence propre de la marche (à V_p), et fréquence propre de l'oscillateur bras/pendule (pour les 4 conditions). On demande ensuite aux sujets d'osciller le pendule soit en phase avec la jambe droite (coordination en phase), soit en anti-phase avec la jambe droite (coordination en anti-phase). Les deux modes de coordination sont réalisés pour l'ensemble des conditions (3 vitesse*2 fréquence*2 inertie). Chaque réalisation dure 60 secondes. Les données sont recueillies à une fréquence de 100Hz, par l'intermédiaire de potentiomètres fixés au niveau du pendule et de l'articulation de la hanche droite du sujet. On procède à une ANOVA 3x2x2 à mesures répétées sur la stabilité et la moyenne des décalages de phases (phase du pendule pour chaque extension maximale de la hanche) des oscillateurs pour les deux coordinations proposées.

Résultats

Une première analyse portant sur les fréquences propres de l'oscillateur pendule met en évidence des différences entre les deux conditions de fréquence, mais uniquement pour la condition où l'inertie est la plus importante. L'analyse de variance de la stabilité et de la moyenne de ϕ révèle un effet significatif de l'inertie sur ces 2 variables. Ce résultat nous a poussé à dissocier les 2 inerties dans les traitements statistiques. Ainsi il apparaît que dans le cas où l'inertie est la plus importante la vitesse a un effet significatif sur la stabilité du décalage de phase. Tandis que la fréquence propre du pendule a un effet significatif sur la moyenne du décalage.

Discussion

Les résultats présentés étendent la validité du modèle à des coordinations motrices globales. En effet plus la fréquence propre du pendule est basse, plus le décalage entre les fréquences propres des oscillateurs est grande, donc $\Delta\omega$ augmente. Cela se traduit par une évolution de ϕ vers des valeurs différentes de 0° et 180° . De plus l'augmentation de la vitesse de marche traduit bien une augmentation de ω_c et de ce fait du rapport ω_c/ω_v et conduit à une perte de stabilité quel que soit le mode de coordination. Enfin il semble que l'inertie joue un rôle au niveau de l'impact de $\Delta\omega$ et ω_c sur la coordination.

Références

KELSO J.A.S. & JEKA J.J. (1992). Symmetry breaking dynamics of human interlimb coordination. *Journal of Experiment Psychology : Human Perception and Performance* 85: 645-668.
 STENARD D., TURVEY M.T. & SHMIDT R.C. (1992). Average phase difference theory and 1:1 phase entrainment in interlimb coordination. *Biological Cybernetics* 67: 223-231.
 TURVEY MT, SHMIDT RC (1994). A low-dimensional nonlinear dynamic governing interlimb rhythmic coordination. In S.P. SWINNEN, H. HEUER, J. MASSION & P. CAESAR (Eds.), *Interlimb coordination* (pp. 305-323). San Diego, CA: Academic Press.