

## **EFFET DE LA FORCE DE L'INTENTION SUR LA DYNAMIQUE INTRINSEQUE D'UNE TACHE DE COORDINATION BIMANUELLE**

Deschamps T., Lauriot B., Nourrit D., Caillou N. et Delignières D.

EA 2991 Sport, Performance, Santé, Université Montpellier I

Résumé : Un certain nombre de travaux se sont récemment intéressés à l'effet des intentions sur la dynamique des coordinations bimanuelles. Il a notamment été montré que des sujets sont capables de rester intentionnellement sur le pattern en anti-phase, au-delà de la fréquence critique ( $F_c$ ), c'est-à-dire à des fréquences où l'on s'attend à observer une transition spontanée vers le pattern en phase. Le but de cette expérimentation est d'appréhender le rôle de l'effort, composante intensive des intentions, sur la stabilité des attracteurs intrinsèques d'une tâche bimanuelle. Notre hypothèse principale est que plus le sujet investit d'effort dans la réalisation du pattern requis, plus la variabilité de la coordination produite est faible. Deux groupes de 4 sujets, différenciés selon le niveau d'effort induit par deux types de consignes, ont participé à 5 sessions durant lesquelles les sujets réalisaient les deux attracteurs intrinsèques (en phase et en anti-phase) d'une tâche bimanuelle selon 5 fréquences ( $F_c - 0.5\text{Hz}$ ;  $F_c - 0.25\text{Hz}$ ;  $F_c$ ;  $F_c + 0.25\text{Hz}$ ;  $F_c + 0.5\text{Hz}$ ). Les résultats confirment que les sujets sont capables de maintenir intentionnellement le pattern en anti-phase au-delà de la fréquence critique. Ils montrent en outre que plus les sujets investissent de l'effort pour réaliser cette intention, plus la coordination produite est stable.

Mots-clés : Intentions, Effort, Stabilité, Coordinations, Système dynamique

# EFFECT OF THE INTENTIONAL STRENGTH ON THE INTRINSIC DYNAMICS IN A BIMANUAL COORDINATION TASK

## Abstract

A number of recent studies were devoted to the analysis of the effects of intentions on the dynamics of bimanual coordination. It was shown, for example, that participants were able to intentionally maintain the anti-phase pattern, even beyond the critical frequency (CF), i.e. at frequencies where spontaneous transitions to the in-phase pattern were expected. The goal of the present experiment was to analyze the role of intention strength or effort (i.e. the intensive component of intention), on the stability of the intrinsic attractors of a bimanual task. Our main hypothesis was that an increase in the exertion of on-task effort led to an increase in coordination pattern stability. Two groups of 4 participants, differing by the on-task effort level induced by instructions, took part in 5 sessions during which participants performed the two intrinsic attractors (in-phase and in anti-phase) of a bimanual task according to 5 frequencies (CF - 0.5Hz; CF - 0.25Hz; CF; CF + 0.25Hz; CF + 0.5Hz). The results confirm that participants are able to intentionally maintain the anti-phase pattern beyond the critical frequency. Moreover, they show that the stability of the observed patterns is proportional to the strength of the intention, i.e. to the amount of invested effort.

Key-words : Intentions, Effort, Stability, Coordination, Dynamical system

---

## INTRODUCTION

L'objectif de cet article est de contribuer à l'intégration de la dimension intensive de l'activité de traitement sous-tendant la performance coordinatrice, en considérant les concepts d'intention, de représentation du but, ou d'effort en tant que contraintes cognitives (Swinnen *et coll.*, 1994). Dans le cadre conceptuel de l'approche dynamique, ces dernières participent au sein du système général des contraintes à l'émergence du comportement (Newell, 1986; Vereijken et Bongaardt, 1998; Temprado *et coll.*, 1999). Elles entraînent une réduction de l'ensemble des états possibles du système, ce qui se traduit par des modifications qualitatives et/ou quantitatives du comportement moteur.

Scholz et Kelso (1990) montrent par exemple comment les intentions interfèrent avec la dynamique intrinsèque d'une tâche de coordination bimanuelle pour la production d'un pattern donné. Ces relations de coopération ou de compétition entre les contraintes intrinsèques de la tâche et les contraintes intentionnelles dérivées des instructions données aux sujets ont été analysées de manière approfondie dans un certain nombre d'études subséquentes (Fontaine *et coll.*, 1997; Lee *et coll.*, 1996; Zanone et Kelso, 1992). Scholz et Kelso (1990) évoquent également le coût attentionnel que représente le maintien d'un pattern de coordination intrinsèquement peu stable: "Thus, one would predict that increased effort should be required to adopt and maintain this [anti-phase] coordinative pattern at high movement frequencies, as is generally reported by subjects (p. 105)". Suivant cette même logique, on peut évoquer les tentatives d'Amazeen *et coll.* (1997) ou de Court *et coll.* (1998) qui intègrent respectivement l'influence de contraintes attentionnelles ou émotionnelles, en tant que paramètre de contrôle altérant la dynamique du système.

Plus spécifiquement, l'expérience menée a étudié le rôle de l'intensité de l'intention sur la stabilité des patterns de coordination bimanuelle. Il est courant, dans le domaine de la psychologie cognitive, de distinguer d'une part la composante directionnelle, qualitative de l'intention (i.e. la nature du but comportemental à atteindre), et d'autre part la force de cette intention, variable quantitative renvoyant à l'intensité de l'effort que le sujet investit pour atteindre ce but (Kahneman, 1973). Si l'on sait que la composante directionnelle de l'intention est susceptible soit de générer la transition entre deux patterns de la dynamique intrinsèque du système (Scholz et Kelso, 1990), ou encore de résister à une transition de phase (Lee *et coll.*, 1996), aucune recherche n'a encore tenté d'étudier les effets d'intentions similaires du point de vue de la composante directionnelle, mais différentes en terme d'intensité.

## 1 - LA DYNAMIQUE INTRINSEQUE DU COMPORTEMENT

Lors de la réalisation d'une tâche bimanuelle, deux états stables sont généralement adoptés par le sujet : le pattern en phase et le pattern en anti-phase. Les propriétés de ces deux attracteurs ont pu être capturées grâce à l'utilisation de la phase relative, ( $\phi$ ), paramètre d'ordre dont la dynamique a été modélisée par Schönner *et coll.* (1986) par une équation différentielle :

$$\dot{\phi} = - \frac{dV(\phi)}{d\phi} + \sqrt{Q}\xi(t) \quad (1)$$

dans laquelle  $V(\phi)$  est une fonction de potentiel, rendant compte de la tendance de  $\phi$  à évoluer, en fonction de sa propre valeur, et  $\xi(t)$  est un processus gaussien à bruit blanc d'intensité  $Q (>0)$ , rendant compte de la part stochastique de l'évolution de la phase relative. La fonction de potentiel

$$V(\phi) = - a \cos(\phi) - b \cos(2\phi) \quad (2)$$

présente deux minima avec  $\phi = 0^\circ$  pour le pattern en phase et  $\phi = 180^\circ$  pour le pattern en anti-phase. De plus, il a été observé qu'une augmentation progressive de la fréquence d'oscillation provoque une transition brusque du pattern en anti-phase vers le pattern en phase. Schönner *et coll.* (1986) montrent que cette transition de phase (observée à une fréquence dite critique) apparaît quand le rapport  $b/a$ , modulé par l'évolution de la fréquence, devient inférieur à 0.25. En deçà de cette valeur, seul le pattern en phase subsiste dans le paysage des attracteurs.

## 2 - INTENTION, INFORMATION COMPORTEMENTALE ET DYNAMIQUE INTRINSEQUE

Si d'une manière générale, les contraintes ne déterminent qu'indirectement le comportement du système en réduisant le nombre de ses degrés de liberté (Newell, 1986), certaines visent à spécifier directement le pattern à adopter. Ce type de contraintes, résumées sous le concept d'information comportementale, renvoie directement au pattern à produire, que ce soit par le biais d'instructions, de démonstrations, ou encore de mises en mémoire. Sa modélisation se traduit par l'ajout d'un troisième terme dans la fonction de potentiel (Schönner et Kelso, 1988) :

$$V(\phi) = - a \cos(\phi) - b \cos(2\phi) - c \cos(\phi - \psi) \quad (3)$$

où  $\psi$  représente la phase relative caractérisant le pattern visé et  $c (>0)$  rend compte de l'importance relative de cette information comportementale dans la détermination de la dynamique du système. Pour reprendre les termes que nous avons employés précédemment,  $\psi$  renvoie à la composante directionnelle de l'intention, et  $c$  à sa composante intensive, c'est-à-

dire à sa force. La forme de la fonction de potentiel « intentionnelle » résultante dépend alors fait d'une part de la position du pattern souhaité vis-à-vis des attracteurs intrinsèques du système, et d'autre part de la grandeur du paramètre  $c$ .

Ce modèle suggère un certain nombre d'hypothèses, dont certaines ont déjà reçu une validation expérimentale. La première est le niveau de coopération entre intention et dynamique intrinsèque pour produire l'un des attracteurs du système avec précision et stabilité (Tuller & Kelso, 1989). Une fois installé sur l'un des patterns intrinsèquement stables, il est possible de transiter volontairement vers l'autre pattern (c'est-à-dire, de la phase à l'anti-phase ou vice-versa). Mais il ressort que le temps de transition (*switching time*) dépend de la stabilité intrinsèque relative du pattern de départ et du pattern de destination (Scholz et Kelso, 1990).

Par contre, lorsque l'information comportementale vise un pattern intrinsèquement instable, une compétition s'engage entre les intentions du sujet et les tendances spontanées du système. Dans ce cas le pattern qui émerge constitue un compromis : par exemple, si  $\psi = 90^\circ$ , la coordination émergente se situera entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , d'autant plus proche de  $90^\circ$  que le paramètre  $c$  sera grand (Zanone et Kelso, 1992). Cette capacité des intentions à stabiliser temporairement des patterns intrinsèquement instables a été validée par les travaux de Scholz et Kelso (1990) et de Lee *et coll.* (1996) qui ont montré la possibilité de maintenir le pattern en anti-phase au-delà de la fréquence critique, pour peu qu'on demande clairement aux sujets de résister délibérément à la transition. Bien que la force de l'intention joue un rôle important dans la plupart de ces hypothèses, aucune étude n'en a proposé une manipulation systématique. On se contente généralement de comparer un groupe sans intention particulière à un groupe recevant une information comportementale précise (voir par exemple Lee *et coll.*, 1996).

Dans la présente expérimentation, deux groupes de sujets ont ainsi reçu la même information comportementale : il s'agissait d'adopter et de maintenir l'un des patterns intrinsèquement stables de la tâche bimanuelle, à des fréquences d'oscillations plus ou moins élevées. Les groupes se différenciaient en fonction de la force de l'intention, plus grande dans un groupe que dans l'autre. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux essais réalisés en anti-phase à une fréquence sur-critique. Dans ce cas on fait l'hypothèse que (1) quelle que soit la force de l'intention, les sujets parviendront à maintenir le pattern en anti-phase, et que (2) la variabilité de la phase relative sera plus faible pour les sujets ayant une force d'intention plus grande.

## **METHODE**

### 1 - SUJETS

Huit sujets masculins (âge moyen :  $22.5 \pm 2.6$ ), étudiants de l'Université de Montpellier, ont participé à cette expérience, qui revêtait un caractère insolite pour chacun d'eux.

### 2- APPAREILLAGE

La tâche consistait à réaliser des mouvements simultanés, en phase ou en anti-phase, par la mobilisation de deux joysticks d'une longueur de 15 centimètres. Fixés sur une table, ils ne pouvaient entrer en mouvement que dans le plan frontal et étaient adaptés de manière à ce que les avant-bras de chaque sujet, debout devant la table, soient horizontaux. La distance entre les deux joysticks était également réglée, à une largeur égale à celle des épaules des sujets.

Les mouvements angulaires des joysticks étaient enregistrés au moyen de potentiomètres situés au niveau de l'axe de chaque poignée, via un convertisseur A/D vers un processeur 486. La fréquence d'acquisition était de 100Hz. Enfin la fréquence d'oscillation était imposée aux sujets au moyen d'un métronome auditif, piloté informatiquement.

### 3 - PROCEDURE

L'expérience était constituée de cinq sessions, séparées par au moins un jour de repos. Durant la première session, les sujets réalisaient tout d'abord à titre de familiarisation 4 essais en phase et 4 essais en anti-phase, d'une minute chacun, à fréquence d'oscillation d'1Hz. Les consignes précisaient (1) le maintien d'oscillations régulières, en déplaçant le joystick de 45° environ de part et d'autre de la position verticale et (2) une synchronisation du signal sonore la plus précise possible avec les points de rebroussement des joysticks.

Afin de déterminer la fréquence critique ( $F_c$ ) des sujets, 10 essais étaient administrés selon un protocole d'incrémentation de la fréquence d'oscillation par paliers de 4 secondes (fréquence d'entrée : 1.25 Hz, pas : 0.25 Hz; voir Scholz et Kelso, 1990), les sujets démarrant en mode anti-phase. La  $F_c$  correspond au palier au cours duquel la coordination en anti-phase ne peut plus être maintenue. Les sujets ne devaient pas résister à la transition de phase. La  $F_c$  retenue pour chaque sujet était la médiane de l'échantillon des 10 fréquences de transition observées.

Cette  $F_c$  a permis de déterminer 5 fréquences d'oscillation pour les sessions ultérieures :  $F_1 = F_c - 0.5\text{Hz}$ ,  $F_2 = F_c - 0.25\text{Hz}$ ,  $F_3 = F_c$ ,  $F_4 = F_c + 0.25\text{Hz}$ ,  $F_5 = F_c + 0.5\text{Hz}$ . Chacune de ces sessions comprenait 2 essais en anti-phase pour chaque fréquence. La durée de l'essai, à fréquence d'oscillation constante, était de 30 secondes. 10 essais étaient donc réalisés au cours de chaque session, dont l'ordre de passation était randomisé. Les participants étaient aléatoirement répartis en deux groupes ( $G_1$  et  $G_2$ ), différenciés en fonction de deux types d'instructions au cours des différentes sessions. L'instruction de base ( $I_b$ ) demandait de "maintenir le pattern de coordination exigé en réalisant des oscillations les plus stables et régulières". Pour l'instruction "intention augmentée" ( $I_a$ ), il était demandé aux sujets de "faire le maximum d'effort et de rester concentré le plus longtemps possible afin de s'approcher le plus possible de l'indice idéal de précision". Cet indice était présenté au sujet comme représentant le degré de synchronisation entre les deux oscillateurs, un indice égal à 1 correspondant à une synchronisation idéale. Il est important de noter que les valeurs annoncées suite à un essai ne constituaient que des données fictives, destinées à entretenir la force de l'intention. Cet indice ne renseignait aucunement le sujet sur sa performance et ne constituait donc pas un feedback, mais un artifice expérimental permettant de maintenir l'impact motivationnel de la consigne d'un essai sur l'autre (Locke *et coll.*, 1968).

L'hypothèse sous-tendant ce protocole est donc que la force intentionnelle générée par l' $I_a$  est supérieure à la force générée par l' $I_b$ . Les deux groupes reçoivent l' $I_b$  lors des sessions 2 et 4, et l' $I_a$  lors de la session 5. Lors de la session 3, le groupe 1 reçoit l' $I_b$ , et le groupe 2 l' $I_a$ . L'objectif de ce protocole était d'analyser les effets temporaires de l'administration de l' $I_a$ .

### 4 - ANALYSES DES DONNEES

Les données de chaque essai se présentaient sous forme de 2 séries temporelles cycliques. Ces données ont été filtrées par une procédure de transformée de Fourier inverse, avec une fréquence de coupure de 3.00 Hz. Pour chaque cycle, les données de position (x) et de vitesse (dx/dt) ont été ré-étalonnées dans l'intervalle [-1; 1] afin de déterminer les angles de phase

des deux oscillateurs ( $\theta = \arctg [dx/dt / x]$ ). La phase relative  $\phi$ , définie comme la différence instantanée entre les phases, est calculée sur 25 secondes (de la 3<sup>ème</sup> à la 28<sup>ème</sup> seconde).

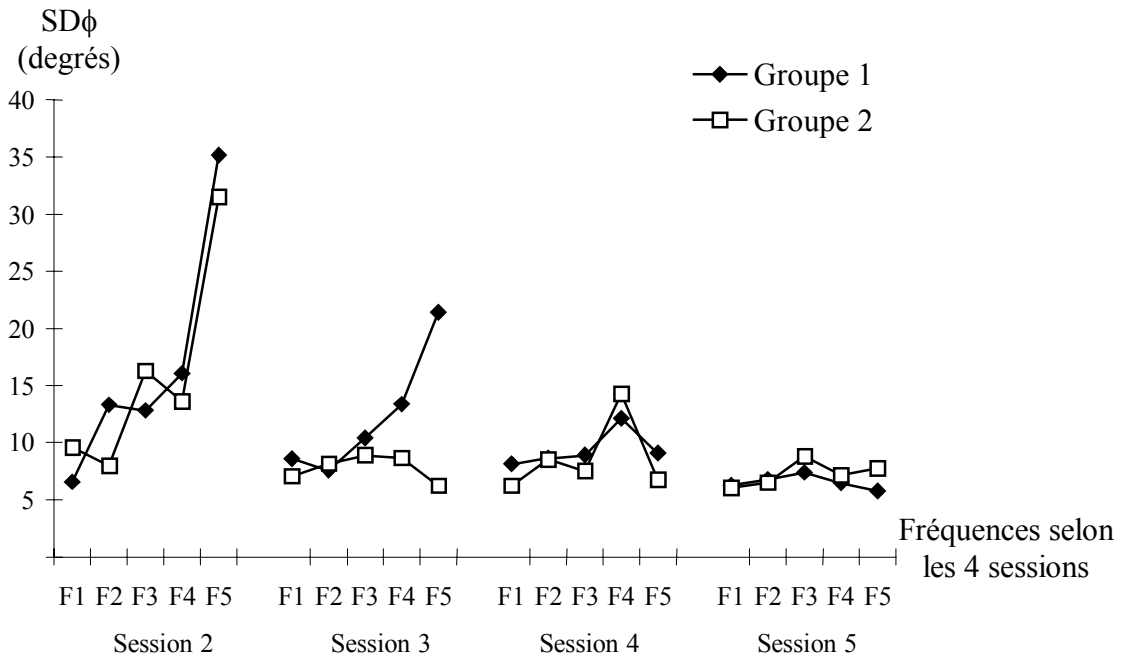
Afin de valider la méthode, on vérifie tout d'abord que les sujets ont été capables de suivre les fréquences imposées par le métronome. Pour cela on détermine l'intervalle de confiance de la fréquence moyenne de chaque oscillateur (au seuil  $p=.05$ ), et on vérifie que la fréquence requise par le métronome est incluse dans cet intervalle (test de moyenne attendue). De plus, on vérifie que les sujets ont été capables de maintenir le pattern requis pour toute fréquence testée. Pour cela la phase relative moyenne est soumise à une ANOVA à mesures répétées 2 (groupes)  $\times$  4 (sessions)  $\times$  5 (fréquences) pour le pattern en anti-phase. On vérifie notamment à ce niveau l'absence d'effet du facteur fréquence ou d'interaction incluant la fréquence.

Les tests des hypothèses reposent sur l'analyse de la variabilité de  $\phi$  ( $SD\phi$ ), qui permet d'évaluer les différences de stabilité de l'anti-phase selon le type d'instructions données. Cette variable dépendante a d'abord été soumise à une ANOVA 2 (groupes)  $\times$  4 (sessions)  $\times$  5 (fréquences). Puis des ANOVAs 2 (groupes)  $\times$  5 (fréquences) ont été réalisées pour chacune des sessions. Les effets significatifs ont été analysés au moyen de tests post-hoc de type Tukey HSD.

## RESULTATS

Les résultats des tests de moyenne attendue n'indiquent aucune différence entre la fréquence des oscillations et la fréquence testée, quelles que soient les sessions ou la nature des instructions. On peut de ce fait considérer que tous les sujets, tout au long de l'expérimentation et quelles que soient les instructions qu'ils aient reçues, ont bien respecté les différentes fréquences d'oscillations imposées. En second lieu, on n'obtient aucun effet de la fréquence d'oscillation sur la phase relative moyenne, ni aucun effet d'interaction incluant la fréquence. Ce résultat est essentiel dans la mesure où il montre que quelle que soit la session et quelles que soient les instructions reçues, les sujets ont été capables de maintenir le pattern en anti-phase lors des essais à fréquences critique et sur-critiques, c'est-à-dire de résister à la transition de phase.

En ce qui concerne la variabilité du pattern en anti-phase, l'ANOVA réalisée sur l'ensemble des 4 sessions révèle des effets principaux du facteur session ( $F_{3,18} = 7.431$ ,  $p < 0.002$ ) et du facteur fréquence ( $F_{4,24} = 5.433$ ,  $p < 0.003$ ), avec une interaction session\*fréquence ( $F_{12,72} = 4.235$ ,  $p < 0.001$ ) : ces effets indiquent que d'une manière générale la variabilité augmente avec la fréquence, mais que cet effet tend à diminuer au fil des sessions (Figure 1). Les ANOVAs par session permettent d'obtenir des résultats plus précis. Pour la session 2, on n'obtient qu'un effet du facteur fréquence ( $F_{4,24} = 5.49$ ,  $p < 0.01$ ) : les tests post-hoc indiquent que tous groupes confondus, la variabilité de la phase relative est plus importante à la fréquence la plus élevée que dans toutes les autres conditions. Lors de la session 3, on obtient un effet groupe ( $F_{1,6} = 10.08$ ,  $p < 0.05$ ), et une interaction groupe \* fréquence ( $F_{4,24} = 3.98$ ,  $p < 0.05$ ). Les tests post-hoc montrent que si l'on observe à nouveau, dans le groupe recevant l'instruction "I<sub>b</sub>", un accroissement de la variabilité lors des essais à fréquence sur-critique (significatif pour les fréquences 4 et 5, par rapport aux trois autres niveaux de fréquence), la variabilité n'évolue pas de manière significative entre les cinq conditions de fréquence pour le groupe recevant l'instruction "I<sub>a</sub>". L'ANOVA ne révèle aucun effet lors de la session 4, durant laquelle les deux groupes reçoivent l'instruction "I<sub>b</sub>". Il en est de même pour la dernière session, dans laquelle les deux groupes reçoivent l'instruction "I<sub>a</sub>".



**Figure 1** : Evolution de la variabilité du pattern en anti-phase selon la nature des instructions intentionnelles reçues par les 2 groupes au cours des 4 sessions expérimentales (Intention augmentée pour les 2 groupes lors de la 5<sup>ème</sup> session et pour le groupe 2 en 3<sup>ème</sup> session ; Intention de base pour tous lors des autres sessions), pour les 5 fréquences testées (F1 = Fc - 0.5Hz; F2 = Fc - 0.25Hz; F3 = Fc; F4 = Fc + 0.25Hz; F5 = Fc + 0.5Hz).

## DISCUSSION

Dans un certain nombre de recherches antérieures, il a été démontré que les intentions sont susceptibles de contraindre la dynamique intrinsèque du système : une intention concernant la réalisation d'un pattern particulier tend à attirer cette dynamique sur le pattern visé. L'expérimentation présente a été réalisée afin de confirmer ces modifications qualitatives de la dynamique intrinsèque, mais surtout pour étudier l'effet de la force de l'intention sur la variabilité des patterns produits. L'hypothèse principale était que plus le sujet s'investit intentionnellement dans la réalisation de la tâche, plus le pattern produit est stable.

Quelle que soit la nature des consignes proposées, les sujets sont capables de maintenir le pattern en anti-phase à des fréquences supérieures à leur fréquence spontanée de transition. Ceci confirme les résultats de Lee *et coll.* (1996), et montre clairement qu'une information comportementale est susceptible de contrarier la dynamique intrinsèque du système, et de restaurer à haute fréquence un minimum dans la fonction de potentiel au niveau du pattern en anti-phase. Nos résultats suggèrent en outre que la force de l'intention module la stabilité du pattern produit : dans la condition "I<sub>a</sub>", nos sujets non seulement maintiennent le pattern en anti-phase aux fréquences sur-critiques, mais conservent un niveau de variabilité similaire à celui observé aux fréquences sous-critiques. En revanche, dans la condition "I<sub>b</sub>", et malgré le maintien du pattern en anti-phase, on observe un accroissement important des fluctuations aux fréquences sur-critiques, et ce d'autant plus que la fréquence est élevée.

Il est intéressant de noter que l'on n'observe de différences en termes de stabilité entre les deux conditions qu'au niveau des fréquences sur-critiques. La consigne "I<sub>a</sub>" ne semble générer un investissement supplémentaire d'effort "utile" que si la difficulté de la tâche le justifie. Tant que le sujet est en situation de convergence, la stabilité de la coordination semble principalement déterminée par la dynamique intrinsèque du système. L'information comportementale ne semble servir dans ce cas qu'à positionner le paramètre d'ordre sur la valeur attendue, alors disponible. Par contre, dans les situations de compétition, la force de l'intention joue un rôle essentiel pour rendre et maintenir disponible le pattern requis, en luttant contre la dynamique intrinsèque du système.

On a vu également qu'au fil des sessions, l'effet de la fréquence sur la variabilité tendait à s'estomper. Ceci est confirmé par les résultats de la session 4, au cours de laquelle, bien que les deux groupes ne reçoivent que l'instruction "I<sub>a</sub>", on ne retrouve pas les effets obtenus dans les mêmes conditions lors des sessions précédentes. Ceci suggère, dans la logique des arguments que nous avons développé plus haut, que les sujets investissent de plus en plus d'effort au fur et à mesure de l'expérimentation, lorsqu'ils sont confrontés aux fréquences les plus élevées, et ce, quelles que soient les instructions qu'ils reçoivent. L'instruction "I<sub>a</sub>" ne semble en fait que rendre plus précoce (dès la session 3) cet investissement. Enfin les résultats des deux groupes, lors des sessions 4 et 5, sont identiques. Le groupe 2 ne semble donc tirer aucun bénéfice, sur le moyen terme, de sa pratique sous "I<sub>a</sub>" lors de la session 3. Les effets de l'investissement d'effort apparaissent de ce fait essentiellement temporaires.

Il serait possible d'aller plus loin dans ces interprétations, à condition d'être en mesure de déterminer la valeur du paramètre  $c$  de l'équation (3), supposée rendre compte de la force de l'intention. Des méthodes de calcul des paramètres de la fonction de potentiel ont été proposées par différents auteurs, basées notamment sur l'ajustement des distributions de probabilité de la phase relative (voir Collins et Turvey, 1997, Schöner *et coll.* 1986). Une telle analyse permettrait de passer du niveau des instructions à celui des intentions réellement suivies par les participants : l'hypothèse d'un accroissement de la valeur du paramètre  $c$ , sous "I<sub>a</sub>", lors des essais en anti-phase à fréquences sur-critiques, rendrait compte quantitativement de l'effet de l'effort sur le comportement du système.

## Conclusion

Cette expérimentation suggère que la distinction classique entre les composantes qualitative (ou directionnelle) et quantitative (ou intensive) de l'intention conserve sa pertinence dans le cadre des théories dynamiques du contrôle moteur. Nos résultats montrent que l'information comportementale permet d'orienter le comportement du système sur le pattern exigé, et de le maintenir sur toute la durée de l'essai. En outre, cette étude indique principalement que lorsque l'on demande explicitement aux sujets de produire un effort important pour réaliser les coordinations requises, on obtient effectivement une meilleure stabilité du pattern, mais uniquement pour des situations en compétition avec la dynamique intrinsèque du système. En d'autres termes, l'effet d'une consigne d'investissement d'effort n'est pas homogène dans l'espace de la tâche : cet investissement significatif n'interviendrait que si la difficulté (perçue) de la situation le justifie (Deschamps *et coll.*, 2000).

L'effort jouerait donc un rôle important avant tout (1) lorsque l'on veut produire une coordination contrainte par des conditions extrêmes (par exemple par des fréquences sur-critiques), et/ou (2) lorsque l'on cherche à réaliser une coordination non naturelle, c'est-à-dire absente du répertoire intrinsèque du système. Il peut être ainsi suggéré que l'apprentissage d'une telle coordination non spontanée serait d'autant plus efficace qu'une importante force

intentionnelle est induite par les consignes et que la capacité du sujet à mobiliser cet effort est grande.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- AMAZEEN EL, AMAZEEN PG, TREFFNER PJ, TURVEY MT (1997) Attention and handedness in bimanual coordination dynamics. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* 23 : 1552-1560.
- COLLINS DR, TURVEY MT (1997) A stochastic analysis of superposed rhythmic synergies. *Human Movement Science* 16 : 33-80.
- COURT MLJ, BENNETT SJ, DAVIDS K, WILLIAMS AM (1998) Effects of anxiety on bimanual coordination. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 20 : S103.
- DESCHAMPS T, LEGROS A, LAURIOT B, DELIGNIERES (2000) *Evaluation de l'effort requis pour la réalisation de différentes coordinations de la tâche bimanuelle*. Communication présentée au Congrès de la Société Française de la Psychologie du Sport, Paris : 7-10 Juillet.
- FONTAINE RJ, LEE TD, SWINNEN SP (1997) Learning a new bimanual co-ordination pattern : Reciprocal influences of intrinsic and to-be-learned patterns. *Canadian Journal of Experimental Psychology* 51 : 1-12
- KAHNEMAN D (1973). *Attention and effort*. New-York : Prentice Hall.
- LEE TD, BLANDIN Y, PROTEAU L (1997) Effects of task instructions and oscillation frequency on bimanual coordination. *Psychological Research* 59 : 100-106.
- LOCKE EA, CARTLEDGE N, KOEPEL J (1968) Motivational effects of knowledge of results : A goal setting phenomenon. *Psychological Bulletin* 70 : 474-485.
- NEWELL KM (1986) Constraints on the development of co-ordination. In : MG Wade et HTA WHITING. *Motor Development in Children : Aspects of Co-ordination and Control*, Dordrecht, Martinus Nijhoff : 341-360.
- SCHOLZ JP, KELSO JAS (1990) Intentional switching between patterns of bimanual coordination depends on the intrinsic dynamics of the patterns. *Journal of Motor Behavior* 22 (1) : 98-124.
- SCHÖNER GS, KELSO JAS (1988) A dynamic theory of behavior change. *Journal of Theoretical Biology* 135 : 501-524.
- SCHÖNER GS, HAKEN H, KELSO JAS (1986) A stochastic Theory of Phase Transitions in Human Hand Movement. *Biological Cybernetics* 53 : 247-257.
- SWINNEN SP, HEUER H, MASSION J, CASAER P (1994). *Interlimb coordination : Neural, dynamical and cognitive constraints*. New York, Academic Press.
- TEMPRADO JJ, ZANONE PG, MONNO A, LAURENT M (1999) Attentional load associated with performing and stabilizing preferred bimanual patterns. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* 25 : 1-16.
- TULLER B, KELSO JAS (1989) Environmentally-specified patterns of movement coordination in normal and split-brain subjects. *Experimental Brain Research* 75 : 306-316.

- VEREIJKEN B, BONGAARDT R (1998) Complex motor skill acquisition. In : Y Vanden Auweele, F Bakker, S. Biddle, M. Durand et R. Seiler. Psychology for physical educators. Champaign, Ill., Human Kinetics : 233-256.
- ZANONE PG, KELSO JAS (1992) Evolution of behavioural attractors with learning : Nonequilibrium phase transitions. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance 18 : 403-421.