

## **EVOLUTION DES COORDINATIONS MOTRICES AVEC L'APPRENTISSAGE : LES STRATEGIES DE FORÇAGE SUR LE SIMULATEUR DE SKI**

D. Nourrit<sup>1,2</sup>, D. Delignières<sup>1</sup>, T. Deschamps<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E.A. " Sport, Performance, Santé " Université Montpellier I

<sup>2</sup>Faculté des sports d'Orléans

Mots-clés: Apprentissage, modélisation dynamique, variable collective.

### **Introduction**

Dans le cadre de l'apprentissage d'habiletés complexes, telles que les oscillations sur simulateur de ski, Vereijken (1991), a pu constater que le sujet durant l'apprentissage transitait par une suite d'organisations motrices qualitativement différente. Le décalage de phase entre les oscillations transversales de la plate-forme et les oscillations verticales du centre gravité semblait être la variable collective la plus pertinente pour rendre compte de l'évolution de la coordination. Cette variable rend compte des stratégies de forçage du dispositif, c'est-à-dire des moments où le sujet exerce une force sur la plate-forme.

Delignières et *al.* (1999) ont proposé une autre analyse de cette évolution, basée sur la modélisation dynamique du déplacement de la plate-forme du simulateur : Lors d'une expérimentation longitudinale, Delignières, Nourrit et Deschamps (2000) ont montré que les coordinations lors des premiers essais semblent caractérisés par des fonctions d'amortissement de type van der Pol. Après plusieurs semaines de pratique, tous les sujets transitent vers un autre type de comportement, caractérisé par une fonction d'amortissement de type Rayleigh. La transition est plus ou moins brutale, mais est systématique pour tous les sujets. Ces deux fonctions d'amortissement déterminent deux étapes successives et clairement distinctes du processus d'apprentissage.

Nous présentons dans cette communication une partie des traitements des données de cette expérimentation, qui vise à décrire, en termes de décalage de phase entre les oscillations de la plate-forme et celle du centre de gravité, les coordinations spécifiques de ces deux étapes de l'apprentissage..

### **Méthode**

Cinq sujets ont participé à cette expérimentation (quatre hommes et une femme, âge moyen 29.2, écart type 6.3). Nous avons utilisé un simulateur de ski " SKIER EDGE " modifié en mono-ski. Les sujets étaient tous novices dans la tâche. L'expérimentation consistait en une pratique de 39 séances durant 13 semaines à raison de 3 séances par semaine. Chaque séance était composée de dix essais d'une minute avec une minute de récupération après chaque essai. Le déplacement de la plate-forme était enregistré en continu via un potentiomètre, à une fréquence d'acquisition de 100 Hz. Par ailleurs, un système d'analyse du mouvement VICON 370 nous a permis de recueillir les coordonnées tridimensionnelles de marqueurs passifs, situés aux principales charnières corporelles (fréquence d'acquisition 50 HZ).

La modélisation dynamique du déplacement de la plate-forme a été réalisée selon la méthode proposée par Beek et Beek (1988 ; voir Delignières *et al.*, 1999). Les coordonnées du centre de gravité sont calculées à partir des coordonnées des marqueurs, selon la méthode de Winter (1990). A partir des données de position et de vitesse du centre de la plate-forme et du centre de gravité, normalisées dans l'intervalle [-1, +1], un calcul en continu des phases des deux déplacements a été réalisé. On détermine

ensuite le décalage de phase entre les deux oscillateurs, lorsque le centre de gravité est en phase 0 (flexion maximale). Le traitement présenté ici vise à comparer les décalages de phases obtenus lors des essais de la première phase (amortissement de type van der Pol) et ceux obtenus lors de la seconde phase (amortissement de type Rayleigh).

### Résultats

Pour tous les essais, le rapport de fréquence entre les deux oscillateurs est de 2 :1 (deux oscillations du centre de gravité pour une oscillation complète de la plate-forme). Les sujets forcent donc le système de manière symétrique, lors des déplacements vers la gauche, puis vers la droite, de la plate-forme. Lors de la première étape de l'apprentissage, le décalage moyen pour les déplacements vers la droite et vers la gauche sont respectivement de 61.79 degrés et 210.00 degrés. Lors de la seconde étape, les décalages obtenus sont respectivement de 95.17 degrés et 232.90 degrés. Les différences observées sont significatives, tant pour le déplacement vers la droite ( $F_{1,4} = 7.589$ ,  $p < 0.05$ ) que vers la gauche ( $F_{1,4} = 22.623$ ,  $p < 0.01$ ).

### Discussion

Ces résultats montrent que les deux modèles dynamiques exploités successivement au cours de l'apprentissage sont caractérisés par des stratégies de forçage spécifiques. Le comportement de type van der Pol, observé lors des premières semaines d'apprentissage, est caractérisé par un forçage symétrique, initié vers le milieu de la première moitié du retour de la plate-forme. Pour le comportement de type Rayleigh, le forçage tend à être initié au voisinage du passage de la plate forme en position centrale. Le forçage est cependant moins symétrique, étant initié en moyenne juste après le passage à la verticale lors du déplacement vers la droite, et largement avant la verticale lors du déplacement vers la gauche

Ces résultats sont comparables à ceux présentés par Vereijken (1991). Il est cependant surprenant que cet auteur ait pu mettre en évidence au bout de 5 ou 6 séances un comportement qui n'est apparu dans notre travail qu'au bout de plusieurs semaines. Des analyses supplémentaires sont nécessaires pour (1) déterminer en quoi cette répartition spatio-temporelle du forçage s'inscrit dans l'exploitation des fonctions d'amortissement spécifiques de chaque étape et (2) comment s'opère, en termes d'évolution du décalage de phase, la transition d'un modèle à l'autre.

### Références

- Beek, P.J. & Beek, W.J. (1988). Tools for constructing dynamical models of rhythmic movement. *Human Movement Science*, 7, 301-342.
- Delignières, D., Nourrit, D., Deschamps, T. (2000). *L'évolution des coordinations motrices au cours de l'apprentissage: continuités et ruptures*. Communication au Congrès de la SFPS, Paris, juillet 2000.
- Delignières, D., Nourrit, D., Deschamps, T., Lauriot, B. & Caillou, N. (1999). Effects of practice and tasks constraints on stiffness and friction functions in biological movements. *Human Movement Science*, 18, 769-793.
- Vereijken, B. (1991). The dynamics of skill acquisition. Amsterdam : Vrije Universiteit.
- Winter, D.A. (1990). Biomechanics of motor control and Human Movement. New York: Wiley.