

Les réorganisations qualitatives du comportement dans l'acquisition d'une habileté sportive : Modélisation des oscillations au simulateur de ski

Nourrit, D. & Delignières, D.

Laboratoire :E.A. 2991 « Sport, Performance, Santé », Faculté des Sciences du Sport et de l'Enseignement de Montpellier I

Introduction :

L'apprentissage moteur est un processus marqué par de profondes réorganisations qualitatives du comportement (Vereijken, 1991). Récemment, un certain nombre de travaux ont tenté de modéliser ces comportements en tant qu'oscillateurs auto-entretenus obéissant à des équations différentielles du second ordre du type :

$$m \ddot{x} + f(x, \dot{x}) \dot{x} + g(x) = 0$$

où la notation pointée indique la différenciation par rapport au temps, le premier terme représente la raideur du système et second l'amortissement.

Dans une étude longitudinale sur l'apprentissage des oscillations au simulateur de ski modifié en mono-ski, Nourrit (2000) a décrit une transition entre un premier comportement « débutant » caractérisé par une fonction de raideur fortement non-linéaire et une fonction d'amortissement de Rayleigh, et un second comportement « expert » caractérisé pour sa part par une raideur linéaire et un amortissement de type van der Pol. Cette transition apparaît après quelques semaines de pratique, et semble s'opérer de manière progressive.

Dans un travail antérieur, réalisé sur un simulateur classique (posant a priori moins de problèmes d'équilibre que la version mono-ski), Delignières, Nourrit, Deschamps, Lauriot et Caillou (1999) avaient mis en évidence un amortissement de type van der Pol chez des sujets n'ayant bénéficié que de quelques essais de familiarisation. Cette divergence dans les résultats ne peut s'expliquer que par une émergence très précoce de la transition vers le modèle expert, lorsque la tâche pose moins de problèmes d'équilibre.

L'objectif de cette expérimentation était donc de montrer que chez des sujets entièrement débutants, sur un simulateur classique, il était possible de retrouver le comportement Duffing + Rayleigh lors des premiers essais, puis une transition vers le modèle Duffing + Van der Pol. La transition entre ces deux comportements devait par contre apparaître de manière précoce, après quels essais sur la tâche.

Méthode :

Trois sujets masculins (âge moyen : 22.8 ans) sans expérience antérieure devaient réaliser les plus amples oscillations possible au simulateur de ski (Skier's Edge), ceci durant 6 sessions de pratique sur 6 jours consécutifs. Chaque session était composée de 4 essais de 4 minutes, séparées d'une période de repos de 4 minutes entre chaque essais. La position du centre de la plate-forme était mesuré en continu par un potentiomètre à une fréquence de 100Hz. Pour chaque sujet, nous avons retenus 60 séries de 8000 données. Ces séries ont été modélisées selon une procédure qualitative d'identification graphique des termes à inclure dans l'équation du mouvement (Mottet & Bootsma, 1999), puis la procédure statistique de la *W-method* de Beek & Beek (1988).

Résultats :

Pour ce qu'ils ont d'essentiels, nos résultats indiquent pour les trois sujets:

- une fonction de raideur fortement non-linéaire (avec deux termes cubique et quintique) en début de pratique et une linéarisation dès la fin de la première session.

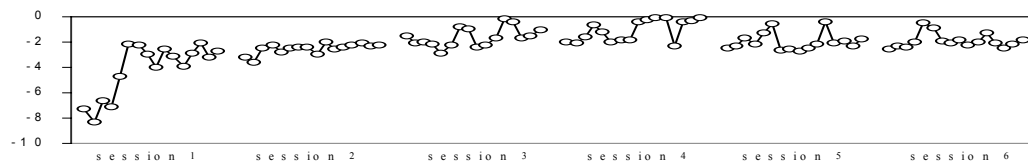


Fig 1 : Séries temporelles du coefficient de raideur C30 pour le sujet 2

- l'exploitation d'une fonction d'amortissement de type Rayleigh durant les premiers essais, suivie d'une exploitation de la fonction d'amortissement de type van der Pol par la suite.

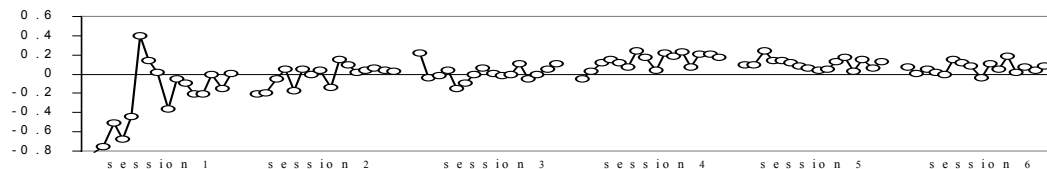


Fig 2 : Séries des coefficients d'amortissement linéaire obtenus lors de la simulation d'un modèle « Rayleigh », pour le sujet 2. Lorsque ce coefficient est négatif, le modèle de Rayleigh est stable. Lorsqu'il est positif, les données peuvent être ajustées sur modèle de type van der Pol.

Discussion :

Cette expérimentation permet de répliquer les résultats obtenus par Nourrit (2000), suggérant que l'apprentissage sur simulateur peut être modélisé comme une transition entre un comportement typique du débutant et un comportement « expert » caractérisés chacun par des fonctions de raideur et d'amortissement spécifiques. Ils montrent en outre que lorsque la tâche est facile, la transition apparaît de manière très précoce, après juste quelques essais sur la tâche. Ils permettent ainsi d'expliquer la dissonance entre les résultats précédemment obtenus dans des protocoles voisins.

Par ailleurs, ces résultats montrent que la résistance des coordinations spontanées, précédemment évoquée dans un travail portant sur l'acquisition d'une habileté gymnique (Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micallef, 1998) peut largement varier au sein de versions différentes d'une même tâche, et semble liée au niveau d'exigence pesant sur le pratiquant.

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., Lauriot, B., & Caillou, N. (1999). Effects of practise and tasks constraints on stiffness and friction functions in biological movements. *Human Movement Science*, 18, 769-793.
- Delignières, D., Nourrit, D., Sioud, R., Leroyer, P., Zattara, M. & Micallef, J.P. (1998). Preferred coordination modes in the first steps of the learning of a complex gymnastics skill. *Human Movement Science*, 17, 221-241.
- Mottet, D. & Bootsma, R. J. (1999). Movement dynamics in a bi-dimensional Fitts' task. In M.A. Grealy & J.A. Thomson (Eds.), *Studies in Perception and Action V* (pp. 306-309). New York : Erlbaum.
- Nourrit, D. (2000). L'évolution des coordination dans l'acquisition des habiletés complexes. Thèse de doctorat S.T.A.P.S., Université Montpellier I.
- Vereijken, B. (1991). *The dynamics of skill acquisition*. Amsterdam: Free University of Amsterdam.