

La "modulation adaptative" dans les situations de coopération: une expérimentation sur le simulateur de ski.

Didier DELIGNIERES*, Ismaël CADJEE**, Brice LAURIOT**
& Déborah NOURRIT**

*E.A. S.I.O., Université Montpellier I (delign@danaid.univ-montp3.fr)

**E.A. S.I.O., Université Montpellier I

Introduction

L'apprentissage ne se construit pas sur une *tabula rasa*, mais sur la base des capacités antérieures du sujet. Si cette assertion fait consensus depuis de longues années, dans le cadre de multiples modèles de l'apprentissage, l'approche dynamique lui a apporté un éclairage nouveau: dans ce cadre, les "capacités antérieures" renvoient aux attracteurs initiaux du système, que ceux-ci correspondent à un comportement spontané ou à un mode de coordination précédemment construit (Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara & Micaleff, sous presse). Ce point de vue permet à Zanone et Kelso (1992) de distinguer les situations de compétition, lorsque le pattern à apprendre diffère qualitativement de l'attracteur initial, et les situations de coopération, lorsque la tâche consiste à optimiser un comportement spontané du système.

Cette approche a permis à Walter et Swinnen (1992) d'avancer une hypothèse inédite dans le cadre de l'aide à l'apprentissage. Dans le cas où le pattern à apprendre entre en compétition avec les tendances spontanées du système, on suppose que si l'on parvient à réduire la force de l'attracteur initial (i.e. en d'autres termes, si l'on fait perdre de sa stabilité au comportement spontané), le sujet pourra plus aisément abandonner son comportement premier pour adopter le pattern visé. Cette "modulation adaptative" (*adaptive tuning*) de la force de l'attracteur est réalisée au travers de l'évolution d'un paramètre de contrôle pertinent. Le travail des auteurs consistait à demander à des sujets d'apprendre une coordination caractérisée par un rapport de fréquence 2:1 entre les mouvements des deux avant-bras. Les sujets éprouvaient de grandes difficultés, étant spontanément attirés par une coordination absolue des deux segments (c'est-à-dire un rapport de fréquence 1:1). Les auteurs ont montré que si l'on réduisait la fréquence d'oscillation des membres (qui constitue dans ce type de coordination un paramètre de contrôle fondamental), les sujets parvenaient plus facilement à contrarier cette tendance spontanée et à adopter la coordination 2:1.

Une hypothèse symétrique suggère que dans les situations de coopération, on facilitera l'apprentissage en accroissant la force de l'attracteur initial du système. Le présent travail constitue un premier pas dans la validation de cette hypothèse. Nous avons à cet effet utilisé le "simulateur de ski", déjà présenté dans de nombreux comptes-rendus (Figure 1; voir notamment Vereijken, 1991). Dans cette tâche, les sujets doivent manoeuvrer un chariot le long de deux rails, en exploitant les propriétés de deux rubans élastiques qui tendent à ramener le chariot en position centrale. La performance réalisée est caractérisée par l'amplitude des mouvements du chariot, de part et d'autre de la position centrale, et par leur fréquence.

Une expérience précédemment réalisée dans notre laboratoire (Durand, Geoffroi, Varray & Préfaut, 1994) a montré qu'au fur et à mesure de l'apprentissage, on assistait à un accroissement de l'amplitude des oscillations, et à une convergence interindividuelle des fréquences autour de la fréquence de résonance du dispositif. Notamment, lorsque l'amplitude dépasse 30 centimètres de part et d'autre de la position centrale, les sujets ne s'écartent plus guère d'une fréquence de 1.1 Hz, en dépit des grandes disparités observées à plus faible amplitude, lors des premiers essais.

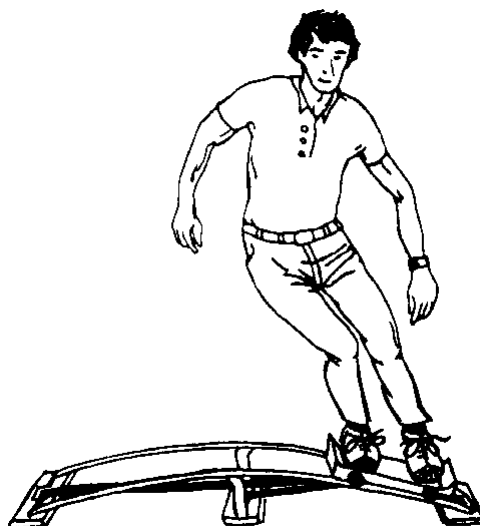


Figure 1: Le simulateur de ski (d'après Vereijken, 1991)

Ces résultats suggèrent que l'amplitude pourrait constituer dans ce système un paramètre de contrôle, dont l'accroissement rendrait plus prégnant un attracteur caractérisé par une fréquence spécifique. L'expérience précitée ne permet cependant pas de conclure de manière définitive, dans la mesure où les effets de l'apprentissage et de l'accroissement de l'amplitude sont conjugués. Le travail présent contrôle ces deux effets, en imposant à trois groupes expérimentaux des amplitudes-cible différenciées.

Méthode

15 sujets masculins (âge moyen 22.5; écart-type 0.6) ont participé à l'expérience. Ces sujets ont été répartis de manière aléatoire en trois groupes de cinq. La tâche consistait à apprendre à manoeuvrer le simulateur, de la manière la plus confortable possible, selon une amplitude déterminée. Les amplitudes assignées à chacun des groupes étaient de 15, 22.5 et 30 cm de part et d'autre de la position centrale. Les sujets ont bénéficié de 4 sessions de pratique, comprenant chacune 4 essais de 4 minutes.

La position du chariot a été mesurée en continu, à une fréquence de 100 Hz. A partir de ces données ont été calculées la fréquence moyenne et la variabilité de la fréquence, pour chaque essai. Ces variables sont traitées par des ANOVA amplitude (3) x jour (4) x essai (4), avec mesures répétées sur les deux derniers facteurs.

Résultats

En ce qui concerne la fréquence, on observe un effet significatif du facteur amplitude ($F_{2,12}=8.680$, $p<.01$). La fréquence la plus élevée est relevée pour le groupe 15 cm (1.17 Hz), et la plus basse pour le groupe 22.5 cm (.84 Hz). Le groupe 30 cm se situe à un niveau intermédiaire (.96 Hz).

On obtient également un effet du facteur essai ($F_{3,36}=19.444$, $p<.01$): lors de chaque session, la fréquence tend à croître au fil des essais. L'examen de la variabilité intra-groupe (voir figure 2) montre que le groupe 30 cm est plus homogène, en terme de fréquence, et que cette homogénéité s'accroît au fil des sessions.

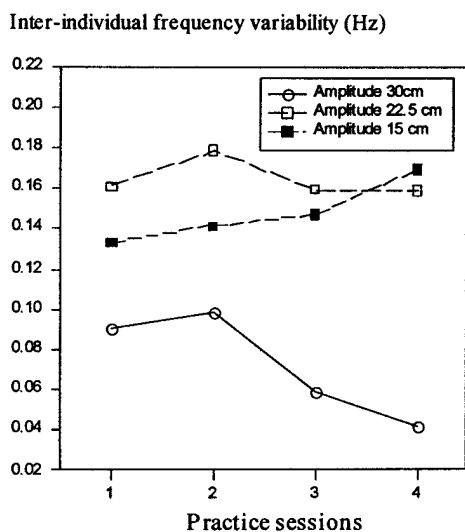


Figure 2: Variabilité inter-individuelle de la fréquence, en fonction des groupes et des sessions de pratique.

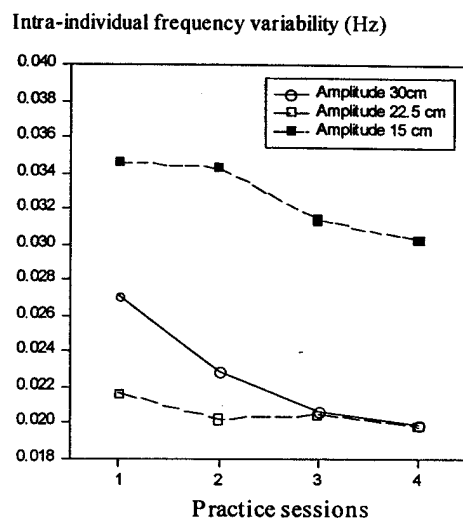


Figure 3: Variabilité intra-individuelle de la fréquence, en fonction des groupes et des sessions de pratique.

Pour la variabilité intra-individuelle de la fréquence, les résultats indiquent un effet significatif du facteur jour ($F_{3,36}=3.722$, $p<.02$) et du facteur amplitude ($F_{3,36}=9.973$, $p<.01$, cf Figure 3). L'interaction n'est pas significative. La variabilité intra-individuelle de la fréquence est plus faible chez les sujets des groupes 30 cm et 22.5 cm que chez ceux du groupe 15 cm, et dans l'ensemble, elle tend à diminuer au fil des sessions.

Discussion

Dans l'ensemble, ces résultats confortent nos hypothèses: les sujets qui pratiquent à amplitude élevée présentent une plus faible variabilité de fréquence que ceux qui pratiquent à faible amplitude. On retrouve cette tendance tant au niveau inter-individuel qu'au niveau intra-individuel. L'accroissement de l'amplitude semble bien contraindre le système à osciller de manière stable, selon une fréquence spécifique. L'amplitude constitue un paramètre de contrôle, dont la figure 4 schématise l'effet: plus l'amplitude est élevée, plus l'attracteur est creusé et contraint la fréquence du mouvement. Par contre, à faible amplitude la stabilité du système est moindre, comme l'atteste la variabilité de la fréquence.

A faible fréquence, le sujet peut sans problème contrarier la dynamique intrinsèque du système et adopter une fréquence non-optimale, soit faible soit *a contrario* élevée (Delignières, Geoffroy, Nourrit & Durand, 1996). Par contre à amplitude élevée il semble

plus difficile aux sujets de s'écarter de la fréquence de résonance du système. Ce résultat suggère que la convergence des fréquences, dans l'expérience précitée de Durand *et al.* (1994), constitue davantage une conséquence de l'accroissement de l'amplitude avec l'apprentissage, que le reflet d'une recherche d'efficience.

La modulation adaptative constitue-t-elle néanmoins une aide à l'apprentissage? Les résultats présents ne permettent pas encore de conclure. Des traitements en cours, portant sur les portraits de phase des déplacements du chariot, ainsi que sur des tests de transfert, nous permettront de répondre à cette question.

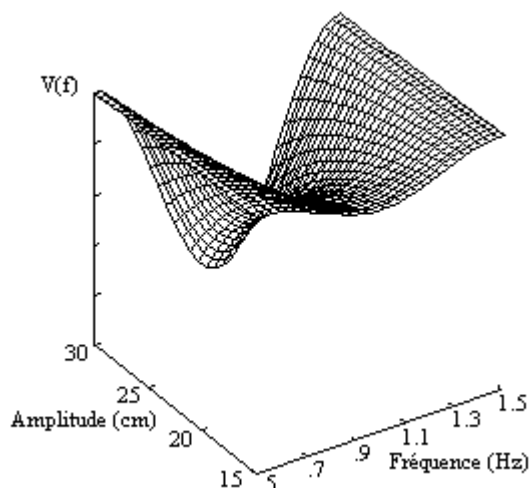


Figure 4: Représentation schématique de l'effet de l'amplitude sur la force de l'attracteur. La fréquence est représentée sur l'axe des x, l'amplitude sur l'axe des y. L'axe vertical représente le potentiel ($V(f)$) de la fréquence, c'est-à-dire sa tendance à varier en fonction de sa propre valeur.

Bibliographie

- Delignières, D., Geoffroy, V., Nourrit, D. & Durand, M. (1996). *Energy expenditure and efficiency in the learning of a complex cyclical skill*. Communication présentée au 1st Annual Congress of ECSS, Nice, 28-31 Mai 1996.
- Delignières, D., Nourrit, D., Sioud, R., Leroyer, P., Zattara, M. & Micallef, J.P. (1998, sous presse). Preferred coordination modes in the first steps of the learning of a complex gymnastics skill. *Human Movement Science*, 16.
- Durand, M., Geoffroy, V., Varray, A. & Préfaut, C. (1994). Study of the energy correlates in the learning of a complex self-paced cyclical task. *Human Movement Science*, 13, 785-799.
- Vereijken, B. (1991). *The dynamics of skill acquisition*. Amsterdam: Free University Press.
- Walter, C.B. & Swinnen, S. (1992). Adaptive tuning of interlimb attraction to facilitate bimanual decoupling. *Journal of Motor Behavior*, 24, 95-104.
- Zanone, P.G. & Kelso, J.A.S. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 403-421.