

## O55- Pourquoi certains mots sont plus faciles à écrire que d'autres ? Etude de la coordination motrice de l'écriture

*Jérémy Danna & Pier Giorgio Zanone*  
Université de Toulouse; UPS; PRISSMH  
118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 9, FRANCE  
danna@cict.fr

Si écrire, c'est transformer du son en image, c'est également produire un mouvement coordonné pour former une trace. Le présent papier offre une synthèse des études effectuées sur la dynamique de coordination dans la formation de la trace écrite. A partir de la modélisation de l'écriture selon le couplage non linéaire de deux oscillateurs orthogonaux abstraits, le rapport de phase entre ces deux oscillateurs permet d'observer, de comprendre et de prédire la formation, le maintien et la dégradation de l'écriture. Les résultats préliminaires d'une expérience en cours ont révélé que l'augmentation de la contrainte de vitesse dans l'écriture de mots biaise les patrons de coordination vers les patrons préalablement repérés comme stables.

**Mots clés :** Théorie des patrons dynamiques ; Graphomotricité ; Oscillateurs couplés

### INTRODUCTION

L'écriture requiert l'activité coordonnée de nombreux muscles et articulations du membre supérieur pour produire une succession de formes conventionnelles, des lettres, de manière suffisamment précise pour être reconnues. Hollerbach (1981) a proposé un modèle de l'écriture fondé sur l'activité combiné de deux oscillateurs orthogonaux abstraits, correspondant aux deux dimensions de la trace produite. En 2004, Athènes, Sallagoity, Zanone et Albaret ont étudié le couplage non-linéaire entre ces deux oscillateurs dans la production de formes géométriques simples dont la phase relative, i.e. le décalage de phase entre les deux oscillations, variait entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . D'un point de vue géométrique, ces patrons de coordinations généraient des formes allant du trait ( $0^\circ$  et  $180^\circ$ ) au cercle ( $90^\circ$ ) en passant par l'ellipse. Ils ont observé que l'ellipse d'excentricité intermédiaire ( $45^\circ$  et  $135^\circ$ ) et le trait ( $0^\circ$  et  $180^\circ$ ) sont plus faciles à tracer que les autres formes. Dans une première étude centrée sur la coordination graphomotrice adulte, nous avons confirmé ce résultat en montrant également que la production préférentielle d'ellipses d'excentricité intermédiaire est biaisée en faveur de formes plus arrondies lorsque leur orientation devenait contraignante (Danna, Athènes et Zanone, 2011). Dans une deuxième étude centrée sur la coordination graphomotrice chez l'enfant de 7 à 11 ans, nous avons révélé que les enfants sont plus précis et plus stables dans le tracé de cercles ( $90^\circ$ ) que dans le tracé d'ellipses comme c'est le cas chez l'adulte. En reprenant le modèle de Hollerbach (1981) et les modes de coordination préférentiels chez l'adulte et l'enfant, la Figure 1 illustre comment la modification d'une seule variable, la phase relative, peut affecter les propriétés spatiales de la trace écrite et rend compte des différences d'écriture connues entre l'enfant et l'adulte (Danna et al., in press). L'objectif de cette troisième étude est de comprendre comment ces patrons préférentiels de coordination déterminent 1) notre manière d'écrire et 2) la dégradation de l'écriture.

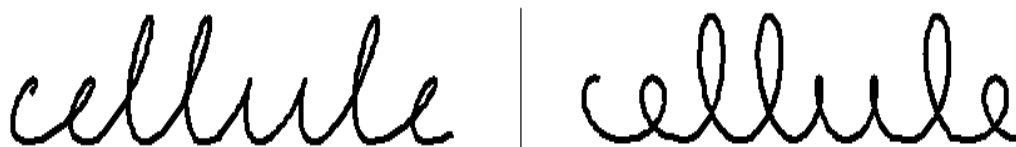


Figure 1. Modélisation de l'écriture cursive d'un mot à partir du modèle de Hollerbach et des couplages préférentiels chez l'adulte et l'enfant. A gauche, le mot est écrit avec une PR à  $45^\circ$  (préférentielle chez l'adulte), à droite le même mot écrit avec une PR à  $90^\circ$  (préférentielle chez l'enfant).

### METHODE

Six adultes droitiers, âgés entre 21 et 29 ans et ne présentant aucun trouble du langage ni moteur, devaient écrire le mot « cellule » à trois vitesses d'exécution : à vitesse faible, spontanée et élevée. A partir des coordonnées, une segmentation du mot a été effectuée pour

déterminer la phase relative (PR) pour chaque lettre. Au total, sept PR ont été moyennées, une par lettre. Nous avons ensuite effectué une ANOVA (3 Vitesses  $\times$  7 Lettres) à mesures répétées sur la PR produites. Une analyse plus fine des effets significatifs a été obtenue par des tests post-hoc de Newman-Keuls. Le seuil de significativité était fixé à  $p < 0.05$ .

## RESULTATS PRELIMINAIRES

L'ANOVA a révélé des effets principaux de la Vitesse et de la Lettre ( $F(2,10) = 8.16, p < 0.01$  et  $F(6, 30) = 20.39, p < 0.0001$ , respectivement). Les résultats sont présentés sur la Figure 2. L'analyse post-hoc de l'effet Vitesse a indiqué que la PR produite à vitesse élevée est significativement plus faible que dans les deux autres conditions ( $46.7^\circ$  vs.  $59,2^\circ$  et  $65,7^\circ$ ). L'analyse post-hoc de l'effet Lettre a révélé que la PR produite à la première lettre est significativement plus élevée que la PR produite dans toutes les autres lettres.

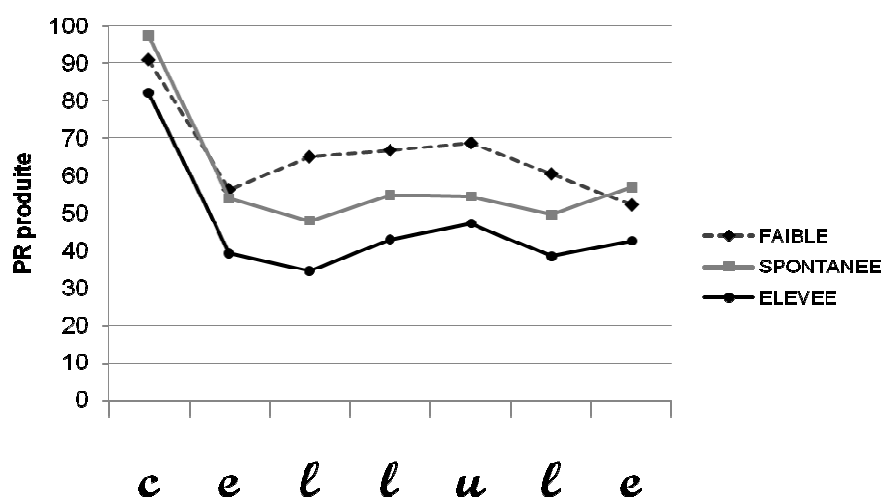


Figure 2. Moyenne de la PR produite en fonction de chaque lettre composant le mot cellule selon des vitesses de production faible, spontanée et élevée.

## DISCUSSION

Un premier résultat est que, mise à part la production de la première lettre, toutes les lettres sont produites en maintenant sensiblement la même phase relative, révélant un phénomène d'hystérèse, c'est-à-dire un maintien de la même structure coordinative, alors que la structure géométrique des lettres est différente. Un second résultat est que la PR produite ne diminue significativement que dans la condition de production à vitesse élevée. Dans cette condition, l'augmentation de la contrainte de vitesse déstabilise le patron de coordination autour de  $60^\circ$  de PR en moyenne vers le patron à  $45^\circ$  de PR, repéré par les précédentes études comme préférentiel. Pour résumer, les concepts et notions de l'approche des patrons dynamiques (Kelso, 1995) permettent de comprendre que la manière d'écrire et la dégradation de l'écriture résulte de la différence de stabilité des patrons de coordination déterminée par le couplage non-linéaire entre les composantes oscillatoires du plan d'écriture.

## REFERENCES

- Athènes, S., Sallagoity, I., Zanone, P.G. & Albaret, J.M. (2004). Evaluating the coordination dynamics of handwriting. *Human Movement Science*, 23, 621-641.
- Danna, J., Athènes, S., & Zanone, P. G. (2011). Coordination dynamics of elliptic shape drawing: Effects of orientation and eccentricity. *Human Movement Science*, 30(4), 698-710.
- Danna, J., Enderli, F., Athènes, S., & Zanone, P. G. (in press). Motor coordination dynamics underlying graphic motion in 7-to 11-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Hollerbach, J.M. (1981). An oscillation theory of handwriting. *Biological Cybernetics*, 39, 139-156.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.