

## O17-Emergence des coordinations bras-jambe en brasse, coût énergétique et efficacité mécanique

John Komar<sup>1</sup>, Grégoire Millet<sup>2</sup>, Farzin Dadashi<sup>3</sup>, Florent Crettenand<sup>2</sup>, Didier Chollet<sup>1</sup>,  
Kamiar Aminian<sup>3</sup> & Ludovic Seifert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire CETAPS, UFR STAPS, Université de Rouen

<sup>2</sup>Institut des Sciences du Sport, UNIL, Lausanne

<sup>3</sup>Laboratory of Movement Analyses and Measurement, EPFL, Lausanne

john.komar@univ-rouen.fr

L'objet de cette étude est d'analyser les effets de deux modes de coordination imposés (rattrapé et superposition) par rapport au mode de coordination préférentiel sur le coût énergétique de déplacement (CE) et l'efficacité mécanique dans la locomotion aquatique. Quatre nageurs experts ont procédé à 3\*300m en brasse à vitesse constante sous-maximale. Les paramètres de nage (fréquence, amplitude), la coordination inter-segmentaire (phase relative coude-genou), l'efficacité mécanique (fluctuations intra-cycliques de vitesse) et la dépense énergétique ont été mesurés. Les résultats montrent que la coordination préférentielle conduit au coût énergétique minimal parmi les trois conditions. De plus, la baisse d'efficacité apparaît concomitante à des changements significatifs dans la nature de la coordination adoptée.

**Mots clés** : coordination, efficacité, coût énergétique, contrôle moteur, natation

### INTRODUCTION

Comme défini par Sparrow et Newell (1998), une coordination motrice émerge de l'interaction de trois types de contraintes (i.e. Sujet-Tâche-Environnement) dans le but d'assurer son efficacité énergétique. Différents travaux dans le domaine de la locomotion terrestre ont validé l'hypothèse que la coordination émergente, librement adoptée par les individus, était la coordination la plus efficace en terme énergétique et mécanique pour un ensemble de contraintes données (Diedrich & Warren, 1995). Dans le domaine de la natation, des études ont pu mettre en avant la relation existante entre le coût énergétique de locomotion (CE) et le rapport fréquence / amplitude (Barbosa et al., 2008). L'objectif est de montrer que la coordination émerge d'un ensemble de contraintes et que le mode de coordination préférentiel coûte moins au niveau énergétique et mécanique que deux autres modes de coordination imposés. L'hypothèse est qu'il n'existe pas un mode de coordination idéal et efficace dans l'absolu, mais qu'il émerge de contraintes.

### METHODE

Quatre nageurs de niveau national suisse ( $18.8 \pm 2.2$  ans,  $174.6 \pm 8.3$  cm,  $65.4 \pm 8.6$  kg) ont réalisé 3\*300m à 70% de la vitesse maximale enregistrée sur 200m brasse, vitesse qui permet l'atteinte d'un état stable de consommation d'oxygène sur 200m. Le test s'est déroulé dans un bassin de 50m avec 5 min de repos entre chaque 300m. Pour chaque 300m, le nageur devait alterner dans un ordre randomisé trois modes de coordination (i) *libre*, (ii) *superposition* des actions propulsives, (iii) *rattrapé* (i.e. insertion d'un temps de glisse entre les phases propulsives). Le (CE) a été calculé à partir de la consommation d'oxygène et de la concentration sanguine de Lactate alors que la fréquence de nage (SR), l'amplitude (SL), les fluctuations intra-cycliques de vitesse (IVF) et la nature de la coordination inter-segmentaire ont été évaluées à partir d'une analyse vidéo en 3D.

### RESULTATS

Tableau 1 : a = Libre (L)≠Superposition (S) ; b = L≠Rattrapé (R) ; c = S≠R ; RP = phase relative coude-genou

Sujet	1			2			3			4			
	Libre	Superpo	Rattrapé	Libre	Superpo	Rattrapé	Libre	Superpo	Rattrapé	Libre	Superpo	Rattrapé	
indice de fluctuation de vitesse	2.36	2.71	1.01	1.22	2.26	0.99	1.57	1.87	0.93	1.14	1.94	0.99	abc
RP moyenne (°)	-28.09	-28.93	-12.29	-49.76	-58.55	-46.59	-54.46	-58.45	-47.78	-26.36	-33.62	-10.24	abc
RP ec (°)	52.85	47.79	48.00	56.95	46.07	63.22	72.11	62.08	68.43	56.44	58.88	59.33	abc
RP début (°)	-112.47	-72.99	-115.67	-165.48	-122.56	-163.01	-153.88	-146.67	-168.55	-124.53	-75.56	-117.87	ac
RP fin (°)	-115.93	-104.10	-130.28	-178.21	-138.60	-179.27	-178.62	-151.67	-180.33	-129.21	-80.92	-129.08	ac
RP max (°)	46.55	43.61	32.95	32.04	18.01	21.44	28.36	21.71	21.57	45.72	49.60	43.56	b
% en phase (% durée de cycle)	28.33	29.67	58.33	45.75	31.75	54.50	39.75	37.50	53.75	22.25	25.50	30.50	bc
fréquence (Cycle/min)	33.25	39.49	19.81	25.90	40.29	22.51	32.10	35.01	30.10	26.24	34.85	21.33	abc
amplitude (m)	1.77	1.43	2.71	2.04	1.36	2.37	1.53	1.45	1.68	1.93	1.55	2.42	abc
CE (J.kg.m)	15.49	15.89	19.50	15.64	16.10	18.18	18.29	20.34	19.20	14.10	15.69	16.67	bc

## DISCUSSION

Comme émis dans l'hypothèse, le mode de coordination imposant un **rattrapé** engendre un (CE) plus important que le mode de coordination librement choisi et que le mode imposant une superposition. Par ailleurs, il n'apparaît pas de différence significative de coût énergétique entre la condition « superposition » et la condition « libre ». Malgré cela, des différences significatives apparaissent en termes de SR, SL, de nature de la coordination et dans les IVF entre les trois conditions. L'adoption d'un mode en rattrapé entraîne l'augmentation significative de la phase de glisse entre la propulsion des bras et celle des jambes, se reflétant dans l'augmentation significative de la proportion du cycle passé en phase (bras et jambes tendus) et la diminution significative de la valeur de RP maximale et de la moyenne de RP au cours du cycle. Alors que les valeurs de RP début et de fin de cycle ne diffèrent pas comparativement à la condition « libre ». Les différentes phases propulsives restent donc bien différenciées et les phases de retour bien associées, mais l'augmentation du temps de glisse entraîne une augmentation des IVF. Cette augmentation des fluctuations de vitesse instantanée pourrait alors expliquer l'augmentation du CE (Vilas-Boas et al., 1996).

L'adoption d'un mode en **superposition** entraîne une diminution significative de la valeur moyenne de RP, de l'écart type de la RP ainsi que des valeurs de début et de fin de RP (signe de petite amplitude angulaire des coudes et des genoux) comparativement aux deux autres conditions. Les valeurs extrêmes en anti-phase ne sont ainsi plus atteintes dans cette condition montrant que les jambes commencent la propulsion alors que le retour des bras n'est pas totalement terminé et inversement que les jambes commencent leur retour alors que les bras sont encore en phase propulsive. Ce mode de coordination entraîne donc une disparition de la phase de glisse entre la phase de propulsion des jambes et la phase de propulsion des bras, généralement dans le but de garder une haute vitesse moyenne de nage, ce qui se traduit par une diminution des fluctuations IVF comparativement à la condition « libre ». Cette augmentation d'efficacité mécanique n'entraîne toutefois pas une diminution du coût énergétique par rapport à la coordination librement choisie comme on pourrait s'y attendre aux vues de la corrélation entre CE et fluctuations de vitesse mise en avant en brasse (Vilas-Boas et al., 1996). Ce résultat met en avant l'idée qu'il n'existe pas une coordination efficace dans l'absolu, mais bien une coordination émergente des contraintes de la situation (e.g. vitesse, fréquence, amplitude).

## CONCLUSION

La condition libre apparaît comme étant la plus économique confirmant la capacité des sujets à adopter la coordination la plus efficace. Même si la coordination en superposition entraîne une efficacité mécanique plus importante, elle n'apparaît pas plus efficace énergétiquement. Cela peut s'expliquer par le fait que ce mode en superposition est généralement observé en sprint et non à une allure lente comme demandé dans notre protocole.

## BIBLIOGRAPHIE

- Barbosa T, Fernandes RJ, Keskinen KL, Vilas-Boas JP. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Euro J of Appl Physio*, 103, 139-149.
- Diedrich F, Warren W. (1995). Why change gaits? Dynamics of the walk-run transition. *J Exp Psych: Hum Percept Perf*, 21, 183-202.
- Sparrow WA & Newell KM. (1998). Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psycho Bull Rev*, 5, 173-196.
- Vilas-Boas JP. (1996). Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke techniques. *Biomech Med Swim Sci VII*, 167-171.