

# Le geste économique du cheval d'endurance

*Sophie Biau : Chargé de recherche à l'Ecole Nationale d'Equitation*

*Jean Luc Cochet : Ancien Ecuyer du cadre noir de Saumur, Chef de section équestre militaire de St Cyr Coëtquidan*

L'objectif de l'endurance, et plus généralement des courses de longue distance, est d'aller le plus loin et le plus vite. Mais le prix à payer est la fatigue dont les conséquences peuvent être parfois désastreuses en terme de performance et de santé du cheval. La stratégie de ces disciplines est basée sur la gestion d'un équilibre entre l'effort fourni et la résistance à la fatigue. Le geste économique permet alors de se déplacer en limitant les dépenses énergétiques par l'utilisation d'un geste utile uniquement.

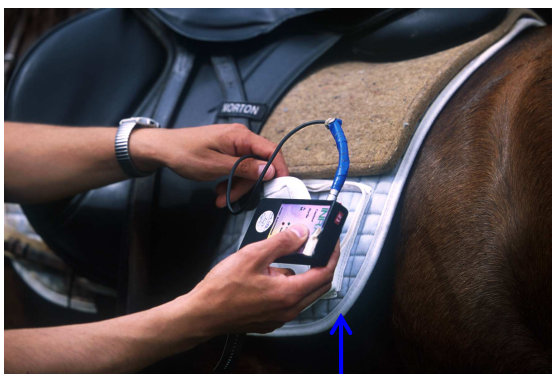
La littérature décrit un galop économique entre 5 et 6 m/s (Hoyt et Taylor, 1981) et à cette vitesse, la dépense énergétique du cheval sur tapis roulant est minimale. Une étude du geste au galop sur une plate forme de force révèle, par exemple pour un galop à droite, le rôle propulseur du postérieur gauche et le rôle freinateur de l'antérieur droit tandis que le diagonal contribue modérément à la propulsion et au freinage (Merkens, 1993). Une autre étude ciblant le cheval d'endurance décrit une modification du geste telle qu'une augmentation de la longueur de foulée au pas de 115% à 41 km et de 123% après 82 km. Au trot, les auteurs (Lewczuk, Pfeffer, 1998) décrivent une augmentation de 151% à 41 km et de 149% à 82 km. Ces modifications sont analysées comme une mise en route, une adaptation à l'effort, plutôt que des signes de fatigue.

Nous avons occulté le coût énergétique et concentré notre étude sur le travail mécanique du cheval lorsqu'il avance en recherchant un geste. Une boucle de 20 km précèdent les tests simule les premiers kilomètres d'une compétition sans atteindre un état de fatigue. L'objectif de cette étude est de décrire le galop économique en mesurant des paramètres locomoteurs de trente deux chevaux d'endurance d'âge, de sexe et de race différentes.

## Equipement du cheval et du cavalier :

Le cheval est équipé

- du système *Equimetrix* (système mis au point par l'INRA). Il est composé d'un capteur glissé dans la sangle et d'un enregistreur placé dans une pochette à l'arrière du tapis de selle.



*Enregistreur Equimetrix placé à l'arrière du tapis de selle*

Ce système enregistre les accélérations du cheval : accélérations dorsoventrale et longitudinale qu'il met en jeu pendant ses déplacements.

Ces accélérations permettent de décrire l'allure à travers des paramètres locomoteurs tels que la cadence, la régularité des foulées, l'amplitude du mouvement vertical du corps ou encore les efforts de poussée et de freinage du cheval. Ces efforts se caractérisent par une quantité et une direction : le cheval peut pousser plus ou moins fort et plus ou moins verticalement.

- Le cavalier est équipé d'un GPS qui affiche et enregistre la vitesse toutes les secondes et qui lui permet de maintenir la vitesse demandée.



*GPS attaché au bras du cavalier*

## Le test

Trente deux chevaux parcourent une boucle de 20 km à proximité d'un hippodrome sur un sol plat et souple. Ce parcours doit être réalisé en 1h pour le groupe des 7 chevaux confirmés et jusqu'à 1 h30 pour les 25 autres, aux allures de leur choix. Dès leur arrivée des 20 km., ils sont équipés d'équimétrie et du GPS pour analyser leur galop à 18 km/h sur l'hippodrome.

La composition des deux groupes est la suivante :

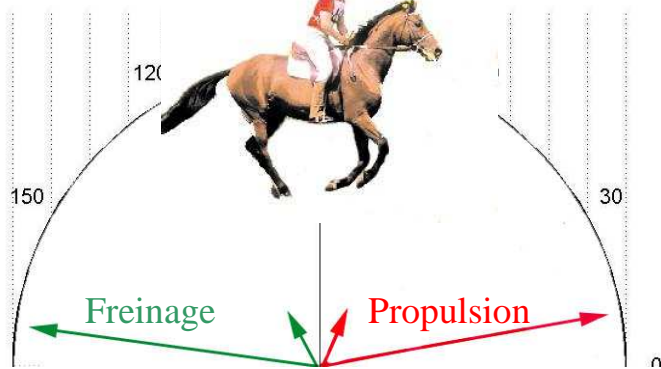
	GROUP1	GROUP2
<b>rares</b>	15 A 2 Aa 3 barbes 2 SF	5 A.  2 SF
<b>age</b>	7 5 ans 2 7 ans 4 8 ans 7 9 ans 3 11 ans 2 12 ans	1 5 ans 2 7 ans 1 8 ans 1 9 ans 1 10 ans 1 12 ans
<b>sexe</b>	14 H 6 F 5 E	4 E 1 F 2 M

**Tableau 1 : composition des deux groupes.**

**Le groupe 1 évolue en compétition de haut niveau, le groupe 2 est composé de chevaux moins expérimentés**

Les deux groupes sont constitués en fonction du niveau de compétition auquel ils participent et leurs résultats. Une analyse statistique (ANOVA) ne révèle pas d'effet âge ni d'effet sexe ni d'effet race.

## Des résultats ...



**Figure 1 : Modélisation du galop :**

**Un effort de poussée horizontal est lié à un effort important. ( $r=-0.7$  ;  $p < 0.05$ )**

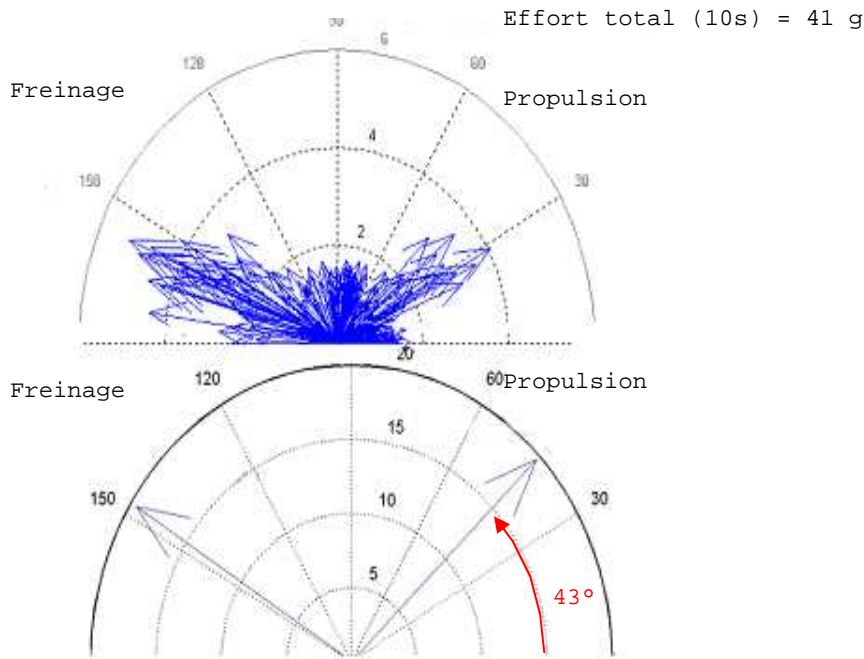
**Un effort de poussée horizontal est lié à un important freinage horizontal. ( $r=0.8$  ;  $p < 0.05$ )**

**Un effort de poussée vertical est lié à un freinage plus faible. ( $r=0.7$  ;  $p < 0.05$ )**

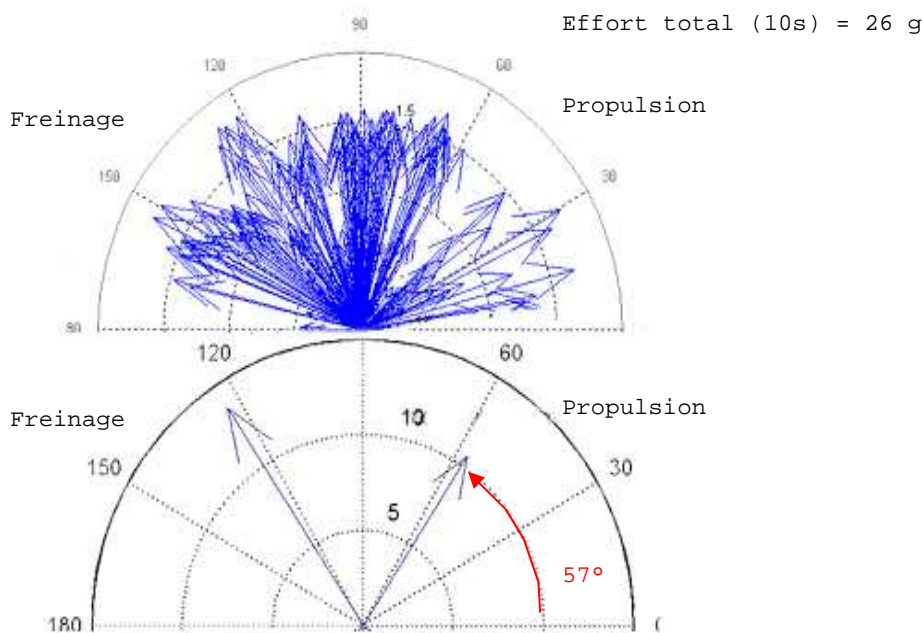
Une corrélation entre le module du vecteur de propulsion et son orientation met en évidence qu'un effort de poussée très horizontal est mécaniquement plus coûteux : plus la poussée est importante, plus elle est horizontale (figure 1). Les résultats de corrélation sont identiques en ce qui concerne les décélérations. D'autre part, les vecteurs de propulsion et de freinage sont corrélés : un effort de poussée important engendre une décélération importante.

Les chevaux du groupe 1 se caractérisent par un effort total sur 10 secondes (31,6 (6,8) g) supérieur à celui des chevaux du groupe 2 (27,2 (4) g). Les chevaux du groupe 1 ont un effort de poussée horizontal important, il s'en suit une décélération importante. Tous les chevaux galopent à 5m/s et la fréquence de foulées est identique pour tous (1,75 foulées/s). La vitesse étant le produit de la fréquence et de la longueur de foulée, l'effort de poussée des chevaux du groupe 1 est inutile puisque la foulée n'est pas plus longue.

La distribution des vecteurs tout au long de la foulée des chevaux du groupe 1 met en évidence un désordre dans l'orientation et le module des vecteurs. Ce désordre survient pendant la phase d'appui du diagonal. Cette phase d'appui se caractérise par un effort de poussée important consécutif à la décélération au moment de l'impact des deux membres au sol. Les figures 2 et 3 représentent les efforts d'un cheval du groupe 1 et d'un cheval du groupe 2. Ces efforts dépassent 4 g (figure 2) pour le groupe 1 tandis que ceux du cheval du groupe 2 sont tous comparables avec une valeur avoisinant 1.5g (figure 3). L'effort total (calculé sur 10 secondes) est deux fois moins élevé et galopent à la même vitesse que le cheval du groupe 1. Ces résultats mettent en évidence deux gestes pour la même allure à vitesse identique. Ces deux chevaux galopent à 18 km/h en mettant en oeuvre un geste plus ou moins coûteux mécaniquement.



**Figure 2 : Analyse vectorielle de 10 secondes de galop d'un cheval du groupe 1.**  
**En haut : représentation des vecteurs de propulsion (demi cercle droit) et de freinage (demi cercle gauche).**  
**En bas : Vecteurs moyens de propulsion (demi cercle droit) et de freinage (demi cercle gauche).**



**Figure 3 : Analyse vectorielle de 10 secondes de galop d'un cheval du groupe 2**  
**En haut : représentation des vecteurs de propulsion (demi cercle droit) et de freinage (demi cercle gauche).**  
**En bas : Vecteurs moyens de propulsion (demi cercle droit) et de freinage (demi cercle gauche).**

La distribution des vecteurs tout au long de la foulée des chevaux du groupe 1 met en évidence un désordre dans l'orientation et le module des vecteurs. Ce désordre survient pendant la phase d'appui du diagonal. Cette phase d'appui se caractérise par un effort de poussée important consécutif à la décélération au moment de l'impact des deux membres au sol. Ces efforts dépassent 4 g (figure 2), tandis que ceux du cheval du groupe 2 sont tous comparables avec une valeur avoisinant 1.5g (figure 3). L'effort total (calculé sur 10

secondes) est deux fois moins élevé et galopent à la même vitesse que le cheval du groupe 1. Ces résultats mettent en évidence deux gestes pour la même allure à vitesse identique. Ces deux chevaux galopent à 18 km/h en mettant en oeuvre un geste plus ou moins coûteux mécaniquement.

## CONCLUSION

Cette étude met en évidence qu'à vitesse constante, plus un effort de poussée est horizontal, plus il est important et donc mécaniquement plus coûteux. D'autre part, il existe un geste commun aux chevaux ayant eu les meilleures performances en compétition : une foulée fluide représentée par des efforts réguliers et minimum de poussée et de freinage qui se répartit tout au long de la foulée. Ce geste se distingue du geste de chevaux moins performants dont la particularité est la forte décélération au moment du poser du diagonal et l'effort de poussée qui suit, effort ayant aucune répercussion sur la vitesse ou la longueur de foulée.

Ces premiers résultats de la description du geste économique nous laissent envisager des applications concernant le suivi d'entraînement et à plus long terme une aide à la sélection du jeune cheval d'endurance.

### Références

Hoyt D.F. and Taylor C.R. (1981) Gait and the energetics of locomotion in horses. *Nature* 292, 239-240

Lewczuk D., pfeffer, M. (1998) Investigation on the horses's stride length during endurance race competition using video image analysis. In : Conference on Equine Sports Medicine and Science. The Neteherlands: Wageningen Pers, pp. 249-250

Merkens HW., Schamhardt HC., van Osch GJ, Hartman W. (1993) Ground reaction force patterns of dutch warmbloods at the canter. *Am J Vet.*, 54 (5) : 670-674.