

# COUPLAGE DE LA VENTILATION RESPIRATOIRE AVEC LA LOCOMOTION DU CHEVAL DE COURSE

Cette étude, menée sur des chevaux trotteurs et galopeurs, présente un protocole d'enregistrement simultané des allures et de la respiration.

Les courbes obtenues permettent d'établir une relation entre la fréquence des foulées et le rythme respiratoire.

Par extrapolation, ces tests fournissent des explications complémentaires relatifs aux phénomènes d'hypercapnie et d'hypoxie rencontrés en course.

Chez le cheval Pur Sang, spécialisé pour les courses au galop, le cycle respiratoire est mécaniquement couplé au cycle locomoteur. L'expiration a lieu lors de l'appui des antérieurs qui compriment la cage thoracique, tandis que l'inspiration a lieu lors du temps de suspension et de l'appui des postérieurs. A grande vitesse, ce couplage semble être un facteur limitant de la poursuite de l'effort. A grande vitesse, de nombreux travaux ont montré que le cheval au galop accumulait rapidement du gaz carbonique (hypercapnie) et/ou manquait d'oxygène dans le sang (hypoxie) après quelques minutes de travail. L'hypercapnie conduit à la baisse du pH sanguin et à un phénomène de fatigue musculaire, avec un ralentissement de l'allure. À titre de comparaison, le même problème est évoqué chez le cheval trotteur dont ce mode de couplage respiratoire est différent.

L'objectif de cette étude est de comprendre le phénomène de couplage entre la respiration et la locomotion à grande vitesse de course, chez le galopeur et le trotteur. L'enregistrement synchronisé de la locomotion et des bruits respiratoires à vitesse élevée a permis de déterminer précisément à quel moment l'inspiration et l'expiration prennent place dans le cycle locomoteur.

E. BARREY\* , A. COUROUCÉ\*\* , H. d'ORSETTI\*\*\*  
D. EVANS, C. ROBERTS, J.R. ROSE\*\*\*\*

\* INRA Jouy, Station de génétique quantitative et appliquée.

\*\* Pégase-Mayenne, Laval

\*\*\* Entraîneur, St Crépin-aux-bois (60)

\*\*\*\* Equine performance laboratory, Université de Sydney

## Protocole expérimental

### I-1 Mesures de la locomotion et de la ventilation

La locomotion est enregistrée grâce au système d'analyse des allures Equimérix. On place sur la sangle une pochette en

cuir équipée d'un capteur, qui mesure les mouvements verticaux et longitudinaux du cheval. Un enregistreur est connecté au capteur, afin de mesurer les caractéristiques de la locomotion pendant toute la durée du travail (Figure 1).

Pour enregistrer les cycles respiratoires, on place à proximité des naseaux un microphone cravate qui capte les sons inspiratoires et, surtout, expiratoires, qui sont plus vibrants. L'enregistrement sonore est réalisé sur cassette audio avec un dispositif de synchronisation avec l'enregistreur Equimétrie.

## I-2 Test au trot

Deux chevaux Trotteur Français ont été testés sur un tapis roulant à grande vitesse après une période d'acclimatation. Après un échauffement de 10 min, ils ont trotté à vitesses croissantes : 8,1 - 9,3 - 11 m/s.

## I-3 Test au galop

Après un échauffement, 5 chevaux Pur Sang ont travaillé à vitesse progressivement croissante sur une piste en sable de 1200m. Ils maintenaient une pointe de vitesse élevée à 15-16 m/s sur 311 m.

## Résultats

Les enregistrements synchronisés des cycles respiratoires et locomoteurs montrent qu'il existe un couplage fonctionnel aux deux allures :

- Au trot d'échauffement (8,1 m/s), le couplage entre respiration et locomotion n'est pas très fixe. On observe un couplage lâche d'un

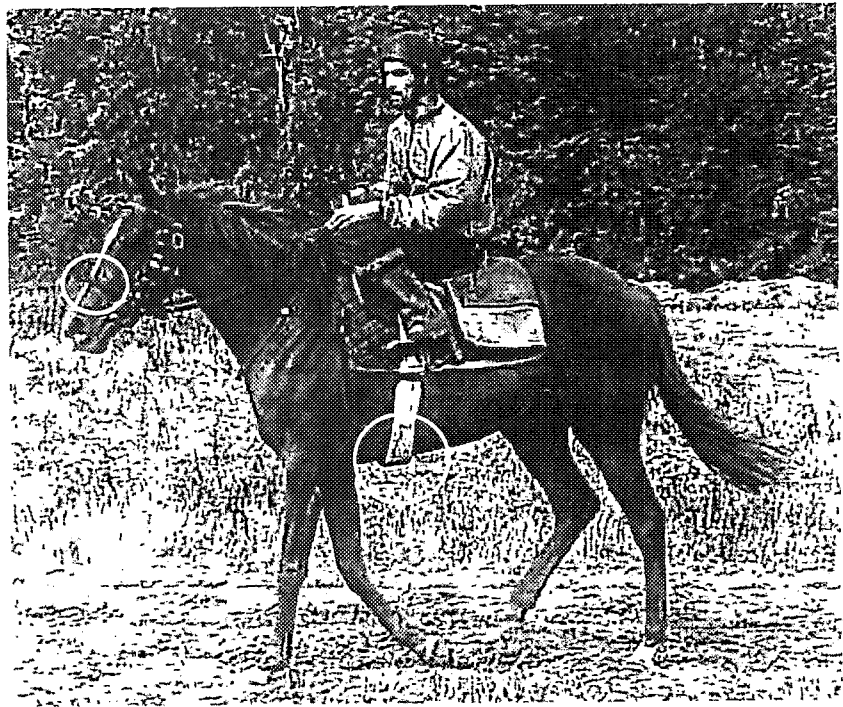


Figure 1 :

Système d'enregistrement et d'analyse des allures Equimétrie. Le capteur sensible aux mouvements verticaux, longitudinaux et latéraux est fixé dans une pochette en cuir sur la sangle de la selle. L'enregistreur, connecté au capteur, est placé dans une pochette du tapis de selle. Une fois l'équipement mis en place, la locomotion du cheval est enregistrée, en continu, pendant 10 minutes. Pour enregistrer les cycles respiratoires, un microphone placé sur la muserole capte le son provenant des naseaux vibrants à l'expiration. Le son est enregistré sur une cassette audio avec un procédé de synchronisation avec l'appareil Equimétrie.

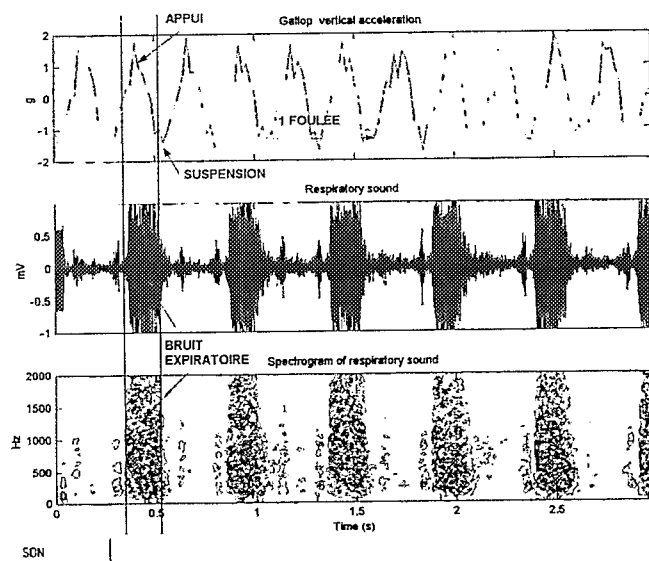


Figure 2 :

Les 3 courbes de haut en bas montrent successivement les mouvements locomoteurs verticaux, puis les sons respiratoires et, enfin, une analyse spectrale des sons respiratoires (fréquences). Les deux traits continus représentent la durée d'une expiration synchronisée à l'appui d'un diagonal. On voit sur le signal sonore des bruits intenses et vibrants pendant cette phase d'expiration. La phase inspiratoire est beaucoup plus silencieuse. L'analyse spectrale montre bien qu'il y a plus d'énergie et de hautes fréquences dans le bruit expiratoire que dans le bruit inspiratoire car les naseaux vibrent. Sur le tapis roulant, il n'y a pas de bruits parasites dus au vent.

# COUPLAGE VENTILATION-LOCOMOTION

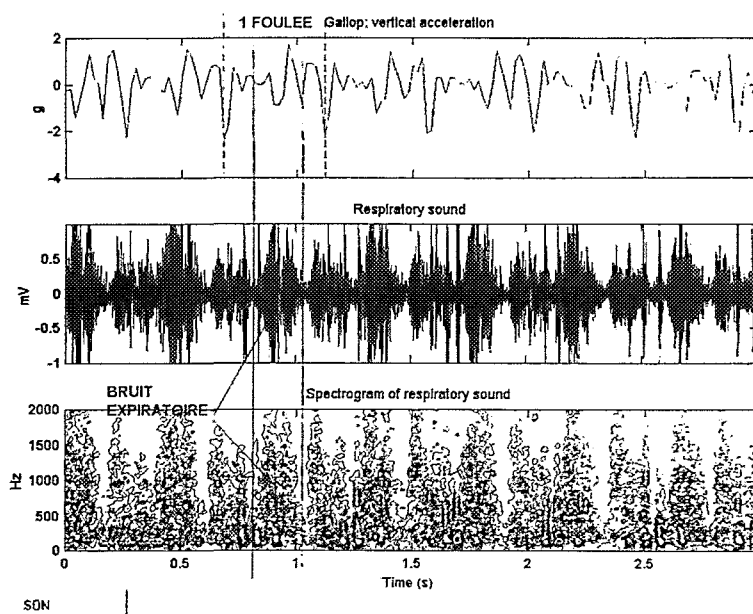


Figure 3 :

De même qu'au trot, les 3 courbes de haut en bas montrent successivement les mouvements locomoteurs verticaux, puis les sons respiratoires et enfin une analyse spectrale des sons respiratoires (fréquences). Les deux traits pointillés représentent la durée d'une foulée de galop, en commençant par le temps de suspension. La durée d'expiration a lieu entre les deux traits pleins. Il y a plus d'énergie et de hautes fréquences dans le bruit expiratoire car les naseaux vibrent.

du premier postérieur. L'expiration qui est plus bruyante a lieu ensuite pendant la fin de l'appui diagonal et l'appui des antérieurs.

La figure 4 montre la durée relative de temps inspiratoire et expiratoire au repos, au trot et au galop rapides. La durée relative d'expiration devient inférieure à 50%, ce qui favorise l'accumulation de gaz carbonique dans le sang (hypercapnie) : 45% pour le galopeur et 43% pour le trotteur. Ce résultat confirme les observations antérieures sur l'hypercapnie à vitesse élevée. Ce couplage semble être un facteur limitant de la ventilation pulmonaire car, si au repos et aux

cycle respiratoire par foulée de trot. En revanche, à plus grande vitesse (11 m/s), on observe exactement 1 cycle respiratoire par foulée de trot (Figure 2). L'inspiration a lieu pendant le temps de suspension, l'appui d'un diagonal et le temps de suspension suivant; l'expiration a lieu pendant l'appui de l'autre diagonal. Il y a donc plus de temps disponible pour l'inspiration que pour l'expiration. La ventilation n'a pas de symétrie spatiale, autrement dit, à l'appui d'un diagonal correspond l'inspiration puis à l'appui de l'autre diagonal correspond l'expiration.

- Au galop rapide (15-16 m/s), on observe un cycle respiratoire par cycle locomoteur (Figure 3). La phase d'inspiration a lieu pendant le temps de suspension et le poser

## DURÉES DU CYCLE RESPIRATOIRE

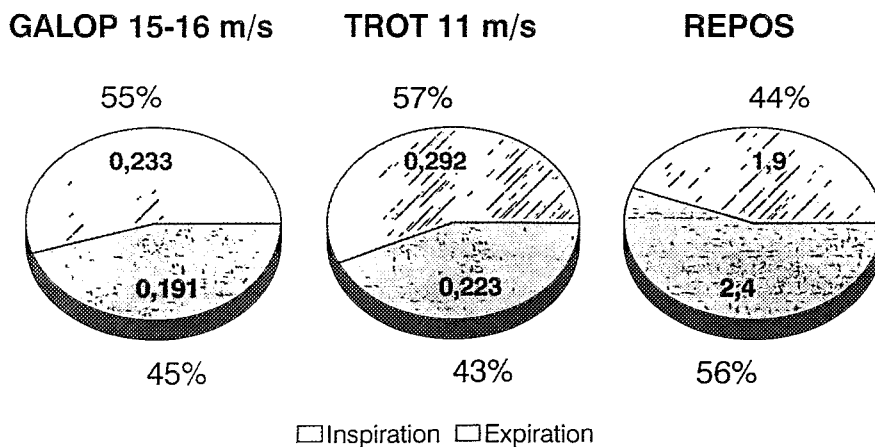


Figure 4 :

Ces graphiques représentent les durées relatives des phases d'inspiration et d'expiration au repos, au trot rapide et au galop de course. Les chiffres indiquent les durées absolues des phases en secondes.

allures lentes, entre 50 % et 66 % du temps est consacré à l'expiration, cette durée relative devient trop brève pour que le cheval puisse expirer profondément et éliminer le gaz carbonique aux allures rapides. Au galop à 16 m/s, la durée d'expiration est de 0,19 s tandis qu'au trot à 11 m/s elle est plus longue, avec 0,22 s. La durée d'expiration chez le trotteur semble donc plus favorable que chez le galopeur.

Le couplage entre la respiration et la locomotion est intéressant à étudier dans la mesure où l'efficacité de la ventilation, qui détermine en partie l'endurance du cheval, est affectée par les caractéristiques temporelles de la foulée. Ainsi, les chevaux qui ont un geste rapide et donc une fréquence de foulées élevée ont-ils moins de temps pour ventiler profondément leurs poumons. Ils ont une bonne aptitude à accélérer pour se détacher du peloton mais leur ventilation pulmonaire

défavorisée limitera leur effort dans la durée. Chez un galopeur accusant un profil de sprinter avec une fréquence de foulées élevée (jusqu'à 2,8 foulées/s), la ventilation pulmonaire est très limitée par la brièveté des durées disponibles pour l'inspiration et l'expiration. La course rapide conduit à une acidose progressive, qui limite très vite la durée de l'effort. Inversement, les grands chevaux qui ont une fréquence de foulées plus lente mais une foulée très longue, ont plus de temps pour ventiler à chaque foulée. Ce mode de locomotion serait plus favorable à la ventilation pulmonaire et permettrait de soutenir un effort d'intensité plus modérée plus longtemps.

## Conclusion

Ces premiers essais montrent la possibilité technique d'étudier, à vitesse de course, le phénomène de couplage entre la ventilation et le cycle locomoteur. Le système Equimérix donne les phases du

cycle locomoteur et les sons captés au niveau des naseaux donnent les phases du cycle respiratoire.

A grande vitesse, le galopeur a moins de temps pour expirer que le trotteur et ceci d'autant plus que la fréquence des foulées est élevée, comme chez un cheval sprinter. La brièveté des durées absolues d'inspiration et d'expiration rend mécaniquement impossible une ventilation profonde. Cela explique les observations obtenues dans les autres études sur les gaz sanguins: hypercapnie et/ou hypoxie. Toutefois, le défaut de durée d'expiration semble, dans tous les cas, favoriser l'accumulation de gaz carbonique (hypercapnie).

Il faudrait maintenant multiplier les tests chez des chevaux d'aptitudes différentes pour savoir s'il existe bien des modes de couplage ventilation/locomotion plus favorables à certaines distances.

## Références bibliographiques

- Attenburrow DP. Time relationship between the respiratory cycle and limb cycle in the horse. *Equine Vet.J.* 14[1], 69-72. 1982.
- Bayly WM, Hodgson DR, Schulz DA, Dempsey JA, Gollnick PD. Exercise induced hypercapnia in the horse. *J.Appl.Physiol* 67[5], 1958-1966. 1989.
- Evans DL, Silverman EB, Hodgson DR, Eaton MD, Rose RJ. Gait and respiration in Standardbred horses when pacing and galloping. *Res.Vet.Sci.* 57, 233-239. 1994.
- Hörnigke H, Meixner R, Pollmann U. Respiration in exercising horses. In : *Equine Exercise Physiology 1.* Snow, D. H., Persson, S. G. B., and Rose, R. J (Eds), pp 7-16. 1983. Cambridge, Granta Editions.