

Analyse de la foulée du trotteur par une ceinture accélérométrique

Locomotion

E. BARREY, B. AUVINET *

INRA Station de Génétique
Quantitative et Appliquée
Groupe Cheval
78352 Jouy-en-Josas

(*) Centre Hospitalier de Laval

L'entraîneur, le vétérinaire et le sélectionneur ont chacun une raison de s'intéresser à l'analyse objective de la locomotion du cheval trotteur :

- 1/ en contrôlant simultanément la cadence et l'amplitude des foulées, l'entraîneur peut suivre et favoriser la progression technique d'un cheval en cours d'entraînement ;
- 2/ les problèmes orthopédiques étant la principale cause d'interruption de la carrière sportive, la surveillance de l'état orthopédique pendant le travail permet de prévenir les accidents graves ;
- 3/ la valorisation d'un cheval en course étant à la fois un investissement financier et un travail de longue haleine, la présélection des jeunes chevaux sur leur aptitude locomotrice et énergétique est un moyen efficace de rationaliser ces investissements.

Quels sont actuellement les moyens d'analyser la locomotion du cheval ? Ce sont principalement des méthodes cinématiques basées sur des prises de vues cinématographiques ou vidéo qui ont été développées d'abord en médecine humaine puis transposées en médecine équine. Un film a l'avantage de visualiser les mouvements en enregistrant le déplacement des différentes parties du corps. En visualisant un mouvement image par image, il est possible de faire des mesures de trajectoire et de déplacements angulaires. Malheureusement, ces procédures de traitement image par image sont très

fastidieuses et limitent considérablement les applications pratiques.

Dès lors, pour l'entraîneur et le praticien qui travaillent sur la piste, le seul instrument actuellement utilisable est un petit caméscope pour filmer le geste du cheval à partir d'une voiture suiveuse ou du sulky. La fixation sur l'essieu du sulky d'un caméscope, bien protégé contre les projections, fournit de bonnes images de l'extrémité des membres pour résoudre les problèmes d'interférence par exemple. Ce procédé est utilisé en Amérique du Nord et en Suède.

Pour disposer d'un appareil d'analyse de la locomotion plus précis que l'image et surtout plus simple à utili-

ser, nous avons fait appel à l'accélérométrie qui est une technique de mesure employée dans l'industrie aéronautique et automobile, ainsi qu'en biomécanique humaine. Les capteurs d'accélération (accéléromètres) sont sensibles aux variations de la vitesse. Il est donc possible de les placer sur le cheval pour enregistrer les mouvements de son corps ou de ses membres qui changent sans cesse de vitesse au cours du déplacement. La mise au point de cet appareil a abouti à la conception d'une ceinture accélérométrique qui enregistre les mouvements verticaux et longitudinaux du thorax (Figure 1).

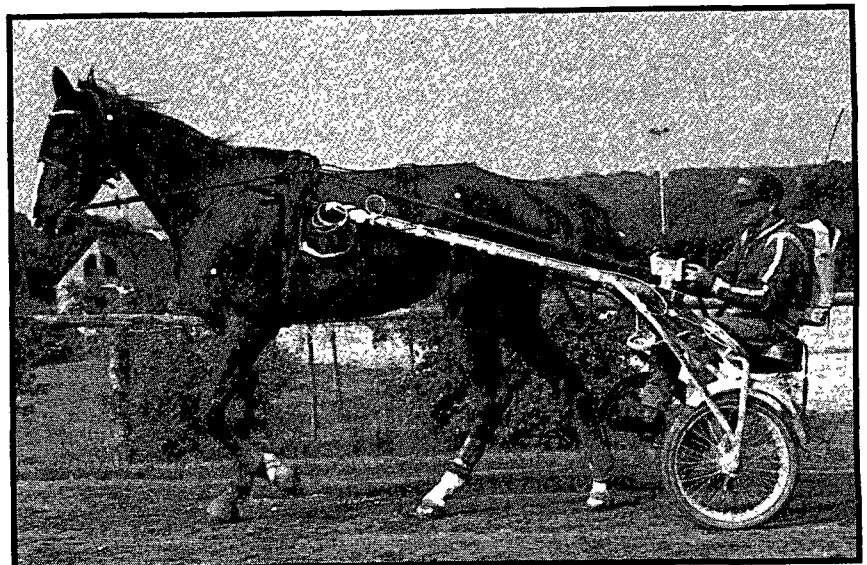


Figure 1 : Cheval Trotteur équipé de la ceinture accélérométrique. Celle-ci est placée sous la selle et un câble la relie à un émetteur porté par le driver. Le sulky est équipé d'un compteur enregistreur de la vitesse (Speed pulse Equus).

Cette ceinture accélérométrique est, pour la locomotion, l'équivalent de la sangle du cardio-fréquencemètre pour le contrôle de la condition physique. L'objet de cet article est de montrer l'intérêt de cette ceinture pour caractériser rapidement et objectivement la locomotion de chevaux trotteurs.

PRESENTATION DU SYSTEME D'ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS LOCOMOTEURS

La ceinture accélérométrique

Pour enregistrer les mouvements locomoteurs périodiques, on place sur le thorax du cheval une ceinture élastique sous le harnachement (Fig.1). Celle-ci maintient fermement contre le sternum deux capteurs d'accélération qui enregistrent les mouvements verticaux (dorso-ventraux) et antéro-postérieurs (longitudinaux). La ceinture ainsi placée ne gêne pas le cheval et assure une bonne fixation des capteurs contre son corps. Les capteurs sont reliés à un émetteur qui transmet les mesures à un ordinateur situé en bord de piste dans une voiture suiveuse. Le système permet d'effectuer des enregistrements à toutes les allures pendant des durées de quelques secondes à plusieurs minutes.

Mesures des caractéristiques des foulées

Les tracés en fonction du temps de l'accélération dorso-ventrale et longitudinale du cheval au trot sont les informations brutes obtenues par le système de mesure (Fig.2). Plusieurs procédés de traitement du signal permettent d'extraire de ces courbes 4 paramètres locomoteurs simples qui décrivent les caractéristiques de la foulée :

- la fréquence des foulées ou cadence ;
- la longueur des foulées ou amplitude ;
- l'effort de propulsion.
- la symétrie des foulées ou index de symétrie

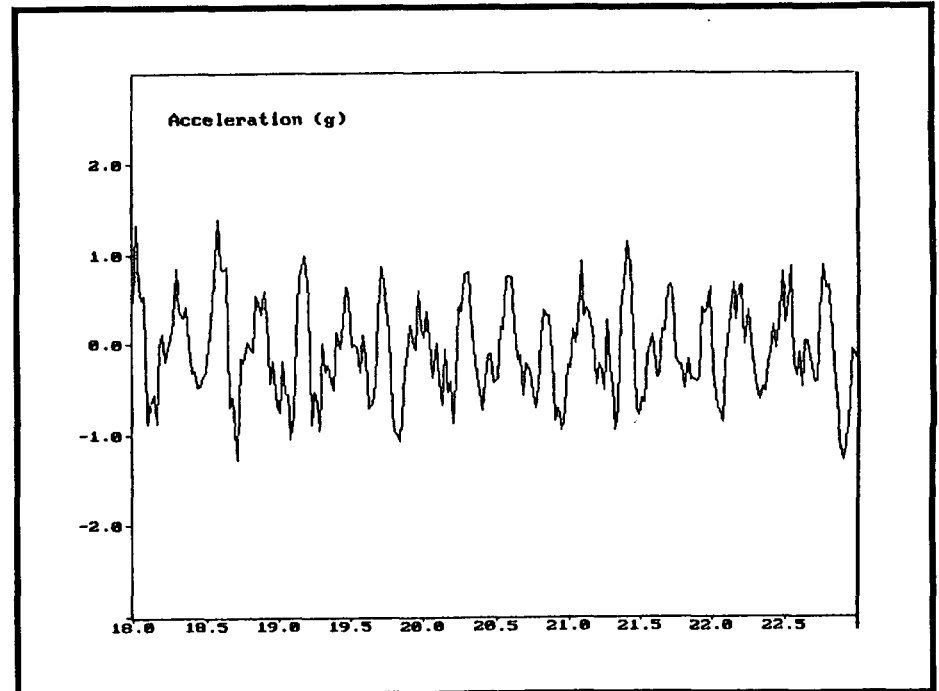
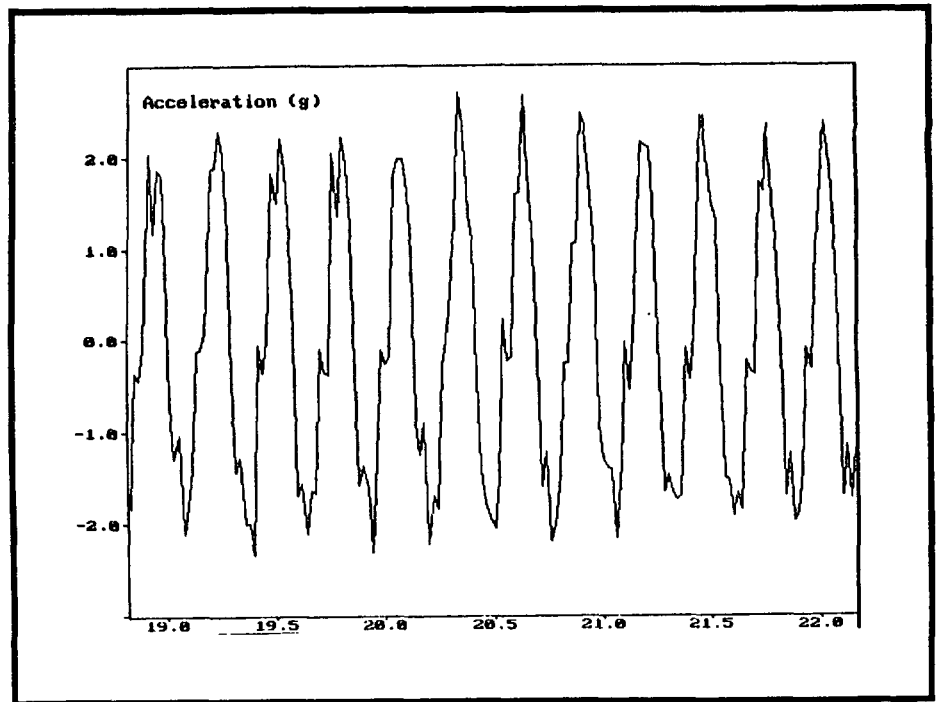


Figure 2 : Exemples de tracés accélérométriques obtenus sur un Trotteur en cours d'échauffement. La courbe du haut représente les mouvements verticaux (l'accélération dorso-ventrale) et celle du bas les mouvements d'arrière en avant (l'accélération longitudinale).

TEST LOCOMOTEUR

Les chevaux testés

Lors de cette première étude, 10 chevaux trotteurs issus de 3 écuries ont été testés sur l'hippodrome de Laval. Il s'agissait de chevaux âgés de 3 à 6 ans ayant peu (6/10) ou pas de performance et des Blups répartis de 10 à 23. Certains d'entre eux posaient des problèmes d'allures irrégulières : 3 modérés et 3 importants.

Déroulement du test

Après un échauffement de 5' à une vitesse moyenne de 378 m/min, les chevaux effectuaient un tour et demi à la vitesse moyenne de 626 m/min, puis ils récupéraient un demi-tour avant de partir sur une ligne droite à la vitesse moyenne de 737 m/min. Les enregistrements d'allure se faisaient sur les lignes droites lorsque l'allure était stabilisée.

Le sulky était équipé d'un Speed pulse Equus (Baumann, Intrest Laval) pour enregistrer la vitesse réelle du cheval tout au long du test. Parallèlement aux enregistrements d'accélération, les chevaux étaient filmés par une caméra vidéo placée dans la voiture suiveuse.

CARACTERISTIQUES DE LA LOCOMOTION DES TROTTEURS TESTES

Les deux composantes de la vitesse

La vitesse de déplacement du cheval est le produit de la fréquence par la longueur des foulées. Les figures 3 et 4 montrent l'évolution de ces paramètres en fonction de la vitesse. On constate que ces deux composantes de la vitesse augmentent proportionnellement à celle-ci. A vitesse maximale, la fréquence des foulées atteint en moyenne 2,31 foulées par sec tandis que l'amplitude de la foulée est de 5,29 m. La variabilité de ces paramètres entre individus est respectivement de 2,6 et 3,8 %. Les chevaux qui possèdent les Blups les plus élevés ont aussi les fréquences de foulées les plus élevées à vitesse maximale.

Les efforts de propulsion

L'accéléromètre longitudinal mesure les variations d'accélération horizontale dans le sens du déplacement du cheval. Le capteur étant fixé sur le thorax, il mesure les accélérations et décélérations qui résultent des efforts déployés par les quatre membres. Lorsqu'un membre se pose au sol, le corps du cheval est d'abord décéléré (accélération négative car il y a freinage) puis il est accéléré (accélération positive car il y a propulsion). En mesurant les amplitudes extrêmes de la courbe d'accélération longitudinale, on évalue donc les efforts successifs de freinage-propulsion. La moyenne de ces accélérations vaut zéro car l'allure était enregistrée à vitesse stabilisée. La fig. 5 montre que ces efforts augmentent proportionnellement à la vitesse du trot.

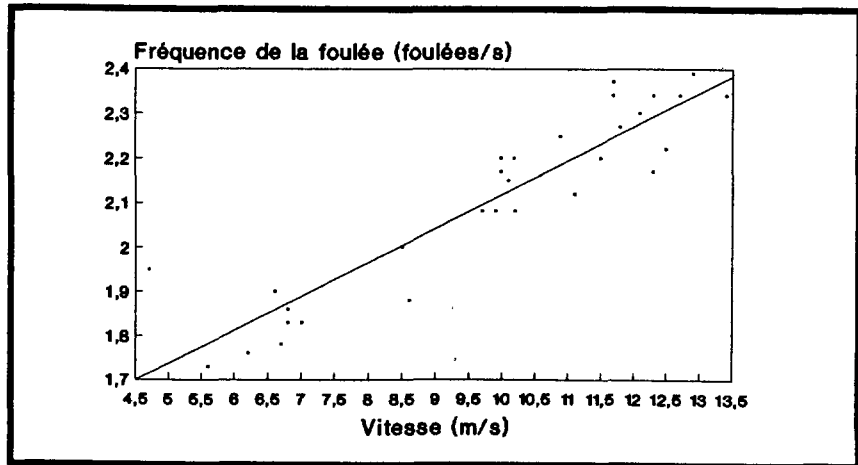


Figure 3 : Evolution de la fréquence des foulées en fonction de la vitesse du cheval au trot.

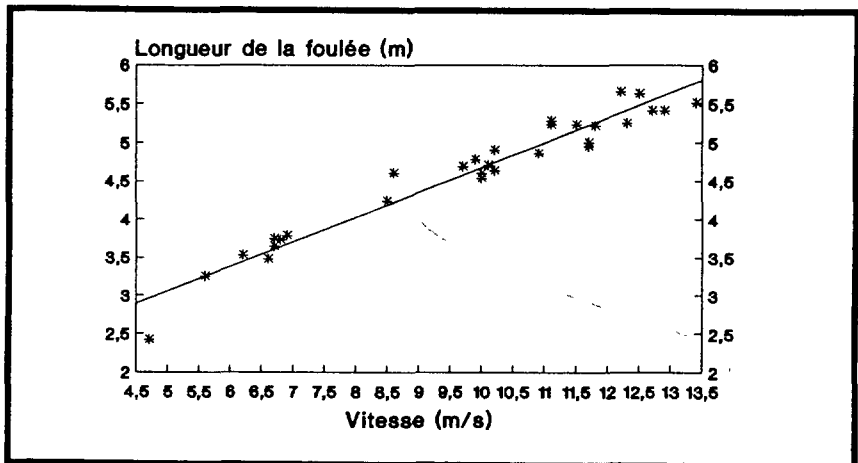


Figure 4 : Evolution de la longueur des foulées en fonction de la vitesse du cheval au trot.

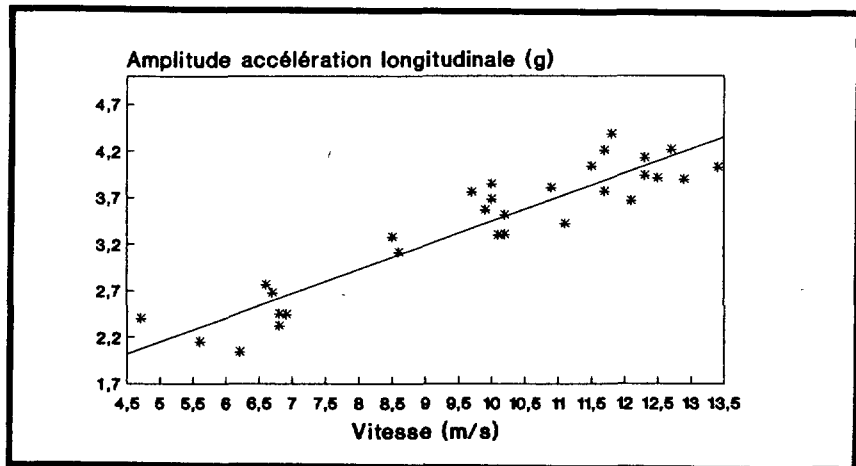


Figure 5 : Evolution des efforts de propulsion en fonction de la vitesse du cheval au trot.

La régularité et la symétrie du trot

Les courbes de la figure 2 montrent bien l'aspect périodique des mouvements du trot. La courbe d'accélération dorso-ventrale met en évidence les deux demi-foulées correspondant à

l'appui du diagonal gauche et droit. La recherche du degré de similitude des motifs de la courbe entre-eux permet de calculer un index de symétrie de l'allure. Lorsque celui-ci est inférieur à 100, la symétrie des mouvements des diagonaux gauche et droit est d'autant plus mauvaise que la valeur de l'index

est plus basse. Au-dessus de 100, l'allure présente une symétrie satisfaisante. La détection d'une asymétrie de l'allure, peut signifier que le cheval prend un virage mal équilibré ou qu'il a une allure irrégulière pour une raison orthopédique. Dans le cas de notre test, les chevaux étaient évalués en ligne droite pour éviter les effets de virage. La figure 6 montre la distribution des index de symétrie des différents chevaux. La figure 7 illustre le niveau global de régularité de l'allure (symétrie gauche droite + similitude des foulées successives). Les chevaux jugés à problèmes par leur entraîneur sont placés dans la partie gauche de la courbe. La figure 8 montre les tracés obtenus sur un cheval atteint d'une boiterie postérieure. La courbe d'accélération dorso-ventrale présente une asymétrie régulière : à l'appui du diagonal boiteux, correspond un pic d'accélération plus faible.

CONCLUSION

Cette première étude de la locomotion du trotteur au moyen de la ceinture accélérométrique, montre l'intérêt pratique de cet appareillage pour fournir rapidement une analyse globale des caractéristiques locomotrices d'un cheval au travail sur la piste. La fréquence et la longueur de la foulée ont un rapport direct avec la performance de vitesse possible. Ce sont deux paramètres qui pourront intéresser l'entraîneur comme le sélectionneur. L'évaluation de la propulsion doit également avoir un intérêt pour tester l'aptitude mais il faudra l'approfondir dans les prochaines études. Enfin, la quantification de la symétrie de l'allure présente un grand intérêt pour suivre l'état orthopédique d'un cheval. La sensibilité de la mesure permettra semble-t-il de détecter précocement toute détérioration de la symétrie de l'allure.

Cette première ceinture accélérométrique doit encore être perfectionnée pour devenir aussi facile à utiliser qu'un cardio-fréquencemètre et permettre ainsi des applications pratiques sur le terrain.

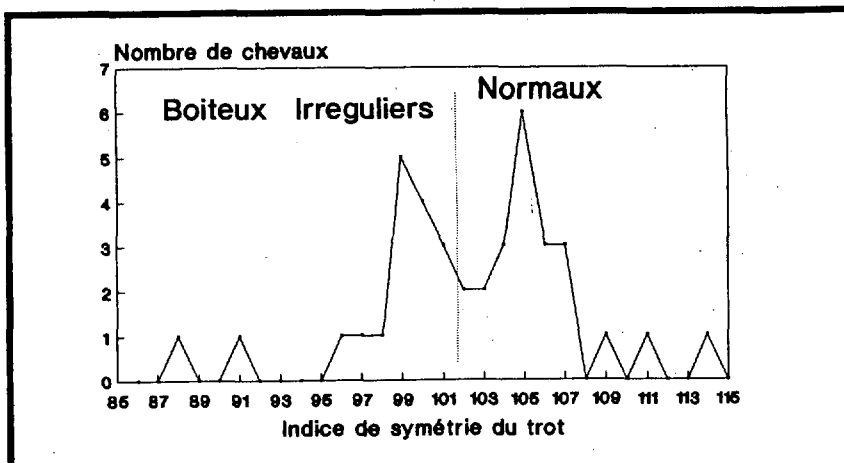


Figure 6 : Distribution des indices de symétrie du trot mesurés sur l'ensemble des chevaux. Les chevaux ayant un indice inférieur à 100 sont soit Irreguliers, soit Boiteux.

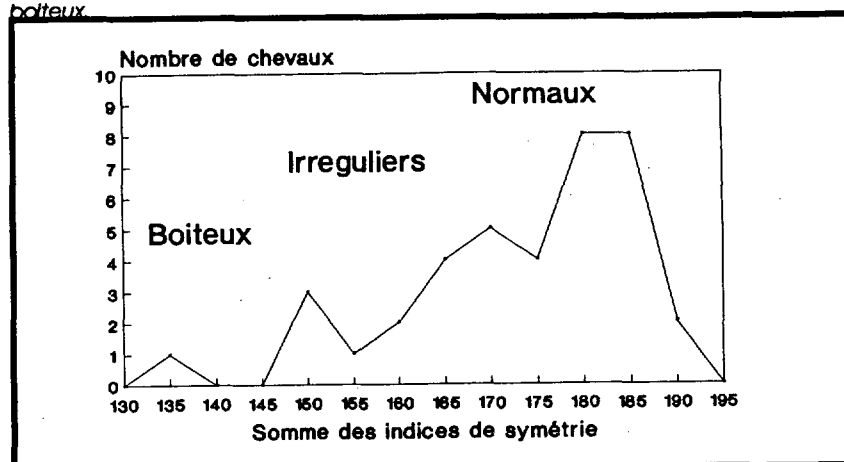


Figure 7 : Niveau de régularité du trot estimé par la somme des indices de symétrie.

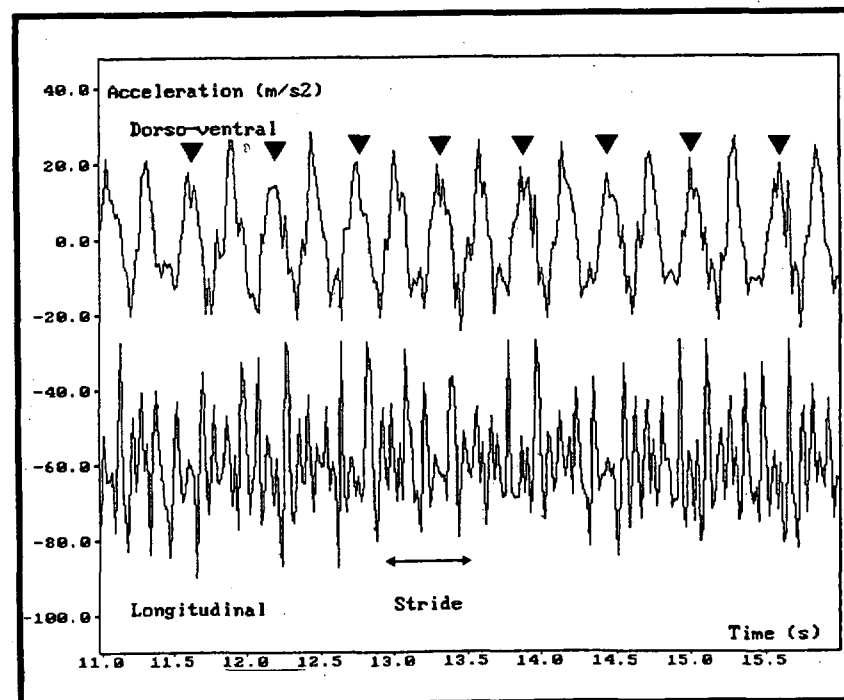


Figure 8 : Exemple de tracés accélérométriques d'un cheval boiteux d'un postérieur. Le tracé dorso-ventral montre une diminution de l'amplitude maximale de l'accélération un temps sur deux correspondant à l'appui du diagonal boiteux.