

E. BARREY

INRA Station de génétique quantitative et appliquée 78352 Jouy-en-Josas Cedex

Les objectifs et les critères de sélection

## Evaluation de l'aptitude sportive chez le cheval : application à la définition de critères précoces de sélection

**Résumé.** Dans le but de rechercher des critères précoces de sélection chez les chevaux de sport et de courses, nous proposons de mesurer certains paramètres physio-locomoteurs représentatifs du potentiel sportif. Ces mesures réalisées sur un grand nombre de chevaux apparentés permettront d'étudier la variabilité génétique et l'héritabilité de ces caractères. Dans cette perspective, notre premier objectif est de répertorier les critères physio-locomoteurs intéressants et de mettre au point un appareillage de mesure performant pour ce nouveau développement de la sélection chez le cheval.

Le cheval est une espèce sélectionnée de longue date pour sa capacité à fournir des efforts physiques variés. Cette espèce est désormais largement utilisée et sélectionnée pour ses aptitudes sportives exploitées dans les courses et les sports équestres.

Chaque discipline hippique requiert un ensemble de qualités particulières d'ordre psychique, physiologique et locomoteur, propres à certaines races et à certains individus. Les méthodes de sélection mises en oeuvre depuis longtemps, notamment chez le Pur sang, ont eu pour objectif de conserver comme reproducteurs les chevaux les plus performants dans leur discipline afin de faire progresser le niveau des performances des générations suivantes. En France, la sélection des chevaux de sport et de courses est basée essentiellement sur les résultats en compétition qui sont quantifiés par les gains. Dans les disciplines du saut d'obstacles et des courses au trot, l'utilisation d'indices génétiques permet une amélioration notable des races Selle Français et Trotteur Français pour ces objectifs mais le progrès est lent du fait du grand intervalle entre générations (10 ans). L'évaluation de la valeur génétique d'un cheval de sport ou de courses sur ses propres performances nécessite une carrière en compétition suffisamment longue. Ceci implique une connaissance peu précise de la valeur génétique des juments souvent mises à la reproduction après une brève carrière en compétition et favorise une utilisation tardive des étalons performants.

Les limites de la sélection sur performances propres suggèrent la recherche de critères indirects de sélection mesurables précocement. Ces critères pourraient fournir une première estimation de la valeur génétique des chevaux dans une discipline sans qu'ils aient déjà un palmarès en compétition. Ils s'appliqueraient plus particulièrement aux jeunes chevaux, aux juments destinées à la reproduction et aux chevaux spécialisés dans les disciplines secondaires qui ne bénéficient pas d'index. Ainsi la valeur

génétique de ces animaux pourrait être approchée précocement par la mesure de certaines caractéristiques physiques et physiologiques nécessaires à la réussite dans cette discipline.

Pour envisager une application de la physiologie sportive équine à la sélection, il faut tout d'abord répertorier les critères utilisables qui possèdent les qualités suivantes :

- ils doivent être représentatifs des potentialités sportives du cheval dans la discipline choisie ;
- ils doivent être fiables ;
- ils doivent présenter une variabilité suffisante et avoir un déterminisme héréditaire ;
- ils doivent être faciles à mesurer sur un grand nombre de chevaux.

Il nous est donc apparu nécessaire de faire la synthèse des connaissances acquises en physiologie de l'effort chez le cheval, afin d'orienter nos études futures. Dans cette perspective, cet article répertorie les critères physiologiques intéressants et présente les méthodes d'étude qui sont mises en oeuvre.

### 1 / Aspects génétiques de l'aptitude sportive

Chez le cheval comme chez l'athlète humain, la performance dans une discipline résulte de la convergence de plusieurs facteurs favorables. Les facteurs intrinsèques comprennent notamment les qualités neuro-sensorielles, la capacité cardio-respiratoire, les potentialités énergétiques musculaires et les caractéristiques locomotrices de l'individu. Ces facteurs sont en partie innés, puis développés et influencés par des facteurs extrinsèques tels que les conditions d'élevage, l'entraînement et le mode d'exploitation des chevaux.

Sur le plan génétique, un caractère complexe telle que l'aptitude sportive résulte de l'intervention des nombreux gènes qui sont impliqués aux différents étages de la production d'un effort physique. L'aptitude sportive est donc un caractère quantitatif dont l'expression dépend pour une part du génotype et pour une autre des influences du milieu sur l'individu.

Pour améliorer l'aptitude sportive d'une race de chevaux par la sélection, il faut donc savoir quelle importance recouvre l'effet génétique transmis par les parents. C'est l'héritabilité  $h^2$  qui nous indique le pourcentage du caractère qui peut être transmis par un reproducteur à sa descendance. Ainsi, environ 15 à 25% de la performance en concours hippique est d'origine héréditaire (Tavernier 1986 et 1992), 25% en course de trot (Langlois 1982) et 35% en course de plat (Langlois 1980).

En génétique humaine, de nombreuses études sur la capacité athlétique ont été menées sur des couples de jumeaux monozygotes et dizygotes. En utilisant un modèle additif les auteurs recherchent alors la ressemblance d'origine génétique d'un même caractère mesuré sur des paires de jumeaux. Les effets de milieux sont évalués en intégrant à l'étude des individus contemporains apparentés et/ou non apparentés. Les héritabilités calculées sont en règle générale surestimées par l'existence d'effets d'environnement commun et d'interactions entre les génotypes et le milieu (Bouchard et Malina 1984). Néanmoins, les valeurs d'héritabilité obtenues pour les principales caractéristiques cardiaques, respiratoires, musculaires et métaboliques qui déterminent l'aptitude à soutenir des efforts physiques de puissance élevée (moins d'une minute), de résistance (quelques minutes) et d'endurance (plus de 10 minutes) sont présentées dans le tableau 1 afin de donner un ordre de grandeur de l'influence génétique sur l'expression de ces caractères.

L'adaptation de l'organisme à l'effort de résistance ou d'endurance (capacité aérobie) est améliorable par la pratique d'un entraînement adapté qui développe la capacité aérobie. Cette réponse adaptative est un caractère d'héritabilité moyenne, de l'ordre de 20% à 30% (tableau 1).

L'aptitude à soutenir un effort bref de forte puissance (capacité anaérobie) dépend de la proportion de fibres musculaires rapides (IIA et IIB) et des réserves en substrats énergétiques nécessaires à l'approvisionnement (Créatine kinase et Glycogène). Ce caractère

**Tableau 1.** Héritabilités des caractères physiologiques chez l'athlète humain.

Caractère	Héritabilité %
Consommation O <sub>2</sub> max. VO <sub>2</sub> max	12
Fréquence card. max. FCmax	72
Volume ventriculaire	30-70
Capacité d'endurance	32
% fibres I	33-55
% fibres IIA	0-18
% fibres IIB	26
Activité enzyme PFK	27-55
Activité enzyme OGDH	9-53
Lactatémie max.	76

difficilement améliorable par l'entraînement présente une forte héritabilité chez l'homme (tableau 1).

Les proportions de fibres musculaires rapides anaérobies (IIB) et lentes aérobies présentent une héritabilité moyenne à forte (tableau 1). Ceci montre l'intérêt d'étudier ce critère pour la sélection des chevaux les plus adaptés pour les exercices de puissance (fibres IIB), comme la course de sprint, le saut d'obstacles et les efforts prolongés (fibre I) comme la course d'endurance.

Sur le plan locomoteur (tableau 2), les études chez l'athlète humain révèlent des héritabilités élevées, supérieures à 40%. Chez le cheval, les mensurations corporelles importantes pour la mécanique de la locomotion ont des héritabilités moyennes à fortes et quelques auteurs donnent des estimations d'héritabilité élevée pour la longueur de la foulée, la vitesse du pas et du trot. Ces premières estimations nous incitent donc à explorer plus précisément la variabilité génétique des caractères locomoteurs.

**Tableau 2.** Héritabilités des caractères locomoteurs chez l'athlète et le cheval.

Caractère	Héritabilité %
<i>Homme</i>	
Temps sprint 60m	85
Longueur foulée	66-72
Fréquence foulée	63-74
Saut en longueur	74
Saut en hauteur	44-68
<i>Cheval</i>	
Taille garrot	25-80
Circonférence canon	12-55
Longueur foulée	
- au pas	61
- au trot	63
- au galop	67
Vitesse pas et trot	41-43
Vitesse courses	2-31

## 2 / Généralités sur la physiologie de l'exercice chez le cheval

### 2.1 / Une aptitude physique très diversifiée

En fonction de ses qualités et de son entraînement, le cheval est capable de développer une large gamme d'exercices physiques. Donnons quelques exemples pour caractériser des efforts de résistance, d'endurance et de puissance, rencontrés respectivement en course de galop, en raid d'endurance et en concours hippique (Barrey 1990).

Lors d'une course de galop de 2400 m, courue à la vitesse moyenne de 14 m/s, la fréquence cardiaque peut atteindre 220 bat./min, la ventilation pulmonaire est maximale (1450 l/min) et le métabolisme énergétique est mobilisé à 75% de son potentiel pendant 2 min 50 s.

Un raid d'endurance de 100 km, couru à la vitesse moyenne de 16 km/h (4,44 m/s), engendre une grosse dépense énergétique équivalente à 30 Unités

Fourragères Cheval (unité d'énergie correspondant à la valeur énergétique nette d'un kg brut d'orge pour l'entretien du cheval) qui nécessite obligatoirement une mobilisation des graisses corporelles car l'apport d'énergie d'origine alimentaire ne peut pas assurer à lui seul cette demande. L'intensité de l'effort reste modérée avec une fréquence cardiaque moyenne de l'ordre de 110 bat./min avec des pointes à 140 bat./min au galop.

Un parcours de concours hippique de 500 m, comportant une dizaine d'obstacles d'une hauteur de 1,45 m, constitue un effort physique très hétérogène sur le plan énergétique. La vitesse du galop mobilise une faible part de la capacité physique mais l'effort de saut nécessite le déploiement d'une forte puissance musculaire. Il en résulte une fréquence cardiaque élevée de 180 à 200 bat./min et une lactatémie modérée après un parcours de 1 min 30 s effectué à une vitesse moyenne d'environ 350 m/min (5,83 m/s).

## 2.2 / Notions de métabolisme énergétique et de typologie musculaire

En fonction de la puissance du travail demandé, différents processus métaboliques sont impliqués pour assurer l'approvisionnement énergétique des muscles. L'Adénosine Triphosphate (ATP) qui est abondamment consommée dans la cellule musculaire pour activer les myofilaments, doit être resynthétisée en permanence par les processus anaérobies (essentiellement la glycolyse anaérobie conduisant à la formation d'acide lactique) et aérobie (glycolyse aérobie, cycle de Krebs, Bêta-oxydation).

Les cellules musculaires sont dotées d'un métabolisme énergétique à prédominance aérobie ou anaérobie en fonction de leur appartenance aux différents types histo-enzymatiques : I aérobie, IIA aéro-anaérobie, IIB anaérobie. Les fibres musculaires de type I, à contractions lentes, sont capables de se contracter un grand nombre de fois mais avec une force modérée, tandis que les fibres de types IIA et IIB, à contractions rapides, développent des forces élevées pendant peu de temps.

## 3 / Evaluation de l'aptitude sportive

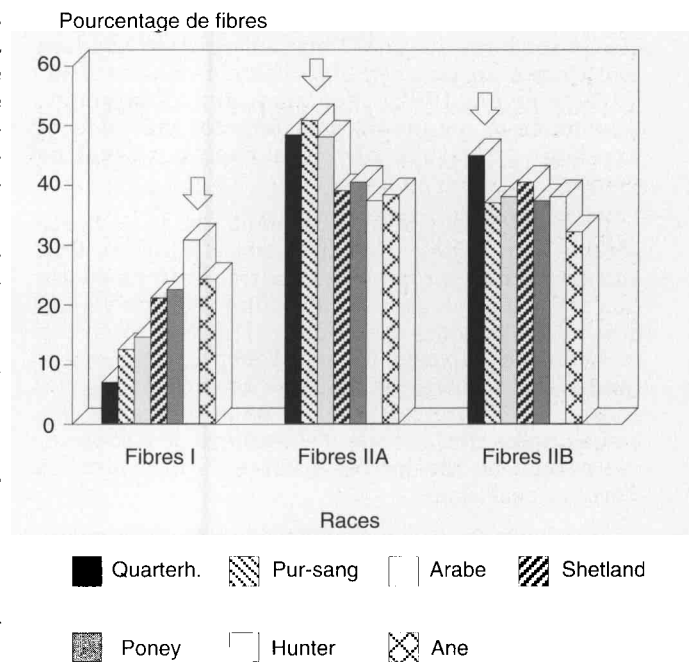
### 3.1 / Méthodes d'investigation de l'aptitude sportive

Avec le développement de la médecine sportive équine, il est maintenant courant d'étudier la locomotion et la condition physique du cheval soit au cours d'un test d'effort standardisé, soit pendant une compétition. Ces tests d'effort se déroulent sur piste ou, de plus en plus souvent, sur tapis roulant afin de mieux maîtriser les conditions expérimentales (Valette *et al* 1991). Les mesures physiologiques en situation de compétition s'avèrent également nécessaires pour connaître exactement la demande énergétique et les caractéristiques des mouvements locomoteurs propres à chaque type d'épreuve. La connaissance des facteurs les plus favorables à la réalisation d'une bonne performance permet ensuite de mesurer les meilleurs critères lors de tests d'effort standardisés.

### 3.2 / Typologie musculaire

En fonction de la puissance de contraction demandée à un muscle, un nombre croissant d'unités motrices est recruté parmi les fibres musculaires qui le composent. De par leurs caractéristiques physiologiques et biochimiques, les fibres de type I favorisent l'effort d'endurance, tandis que les fibres de type II permettent d'effectuer un travail en puissance ou en résistance. Ainsi, en fonction des proportions de chaque type de fibres dans les différents muscles, un cheval présente une meilleure aptitude à soutenir l'un des trois types d'effort : endurance, résistance ou puissance. Les études menées sur les différentes races spécialisées dans les diverses disciplines hippiques ont montré l'existence de différences significatives des proportions entre fibres lentes et rapides (Snow *et al* 1980, Demonceau 1990) (figure 1). Les Quarter horses disposent d'une plus forte proportion de fibres rapides anaérobies (IIB) propres à soutenir une course courte et rapide. A l'opposé, les chevaux utilisés en course d'endurance (Arabe, Barbe) présentent une proportion élevée de fibres lentes aérobie (I).

Figure 1. Proportion des fibres musculaires selon les races (Snow *et al* 1980, Demonceau 1990).



D'après les études génétiques menées chez l'athlète et la variabilité des races d'équidés, ce caractère musculaire semble être un critère bien héritable, très intéressant pour la sélection des chevaux de course (galop, trot, endurance) mais aussi de concours hippique.

### 3.3 / Exploration du métabolisme énergétique

Chez le cheval, la capacité du métabolisme aérobie est très développée grâce à la conjonction d'une consommation d'oxygène maximale élevée (jusqu'à 175 ml/min/kg chez le Pur-sang), d'un transport et d'une extraction très efficaces de l'oxygène. A l'échelle de l'organisme, l'intensité du métabolisme aérobie peut être appréciée par la détermination de la

consommation d'oxygène ( $VO_2$ , exprimée en l/min) et plus particulièrement de la  $VO_2$  max qui estime la puissance maximale d'origine aérobie que peut soutenir l'athlète. La valeur de la  $VO_2$  max observée chez un athlète est d'autant plus élevée qu'il est apte à soutenir un effort intense et prolongé. De plus sa détermination a une valeur prédictive de la performance pour les épreuves de fond. Malheureusement, la mesure de la  $VO_2$  chez un cheval à l'exercice est très difficile à réaliser du fait du débit ventilatoire considérable (1500 l/min) qui pose de gros problèmes d'instrumentation.

Par contre, la mesure de la fréquence cardiaque pendant l'exercice est un bon moyen d'estimer la consommation d'oxygène puisque ces deux grandeurs sont proportionnelles tant que la puissance de l'effort reste sous maximale. De plus, il s'agit d'une mesure bien reproductible (variation de 4% entre deux tests semblables), simple à mettre oeuvre et qui n'occasionne aucune gêne pour le cheval, si bien qu'il s'agit d'un paramètre de choix. L'enregistrement de la fréquence cardiaque maximale (FC max) est un moyen d'estimer la  $VO_2$  max ou capacité maximale aérobie atteinte au cours d'un test d'effort ou d'une course. Du fait de sa forte héritabilité, ce paramètre semble en particulier intéressant chez les chevaux de courses qui mobilisent toute leur capacité aérobie. Une étude sur des chevaux trotteurs (Auvinet *et al* 1991) a montré que la tendance de la FC max enregistrée pendant une course au trot semblait corrélée au résultat. Valette *et al* (1992) recommandent également l'emploi de ce paramètre pour détecter précocement une bonne aptitude physique chez le cheval de courses.

De nombreuses études révèlent que la capacité aérobie d'un athlète s'améliore sous l'influence d'un entraînement approprié. Par contre, cette amélioration présente une grande variabilité individuelle qui dépend de facteurs génétiques. Il existe ainsi des individus qui répondent bien à l'effet d'entraînement tandis que d'autres auront une réponse faible. Là encore, la mesure comparative de la fréquence cardiaque après une période d'entraînement standardisée permet de révéler ces différences individuelles d'origine génétique.

Lorsqu'un exercice nécessite une puissance métabolique supérieure à celle permise par la  $VO_2$  max, les fibres musculaires rapides (IIA et IIB), dotées du matériel enzymatique anaérobie interviennent en nombre croissant. Le recrutement du métabolisme anaérobie permet donc de soutenir un effort intense mais avec une apparition rapide de la fatigue musculaire qui limite fatalement la durée de l'exercice. Le dosage biochimique du lactate sanguin permet d'évaluer la mobilisation du métabolisme anaérobie au cours d'un effort. Une prise de sang à la veine jugulaire, effectuée 1 à 5 min après la fin d'un travail conduit à des taux de 2 à 9 mmol/l après un parcours de saut d'obstacles, 8 à 24 mmol/l après une course. Chez le cheval, la puissance développée par le métabolisme anaérobie alactique est très impliquée lors du saut ou du sprint final en course mais son exploration directe est inaccessible par des méthodes simples.

### 3.4 / Analyse de la locomotion sportive

Le mouvement locomoteur constitue l'aboutissement de toute la machinerie métabolique et anatomique qui est recrutée au cours de l'exercice. Dans

chaque discipline hippique, le cheval adopte une locomotion spécifique dont les caractéristiques déterminent directement son niveau de performance possible. Ainsi, l'analyse de la locomotion permet d'expliquer une grande part de son aptitude sportive.

#### a / Composantes de la vitesse : cadence et amplitude des foulées

Pour se mouvoir, le cheval déplace ses membres selon une chronologie propre à chaque allure. Lorsqu'on observe un seul membre, celui-ci décrit un cycle comprenant la phase d'appui au sol puis la phase de soutien pendant laquelle le membre est ramené en avant pour l'appui suivant. Ce cycle locomoteur correspond à une foulée dont les caractéristiques de longueur et de durée varient selon l'allure et la vitesse. Les deux composantes de la vitesse de déplacement du cheval sont la fréquence et la longueur des foulées qui sont mesurables par des moyens vidéo ou accélérométriques. Ces paramètres de la foulée sont liés par la relation suivante :  
Vitesse [m/s] = Fréquence [foulées/s] x Longueur [m]

Pour accroître sa vitesse, le cheval augmente ces deux composantes différemment selon son format, sa morphologie et les conditions extérieures telles que la nature et l'inclinaison du sol. Au pas et au petit trot, les variations de vitesse résultent surtout d'un changement de cadence, tandis qu'au trot et au galop, l'élévation de la vitesse s'explique essentiellement par l'augmentation de l'amplitude des foulées (Barrey *et al* 1991) (figure 2). Ces observations ont pu être rapprochées de relevés morphométriques tels que le poids et la taille. A vitesse comparable, la fréquence des foulées est plus lente chez les chevaux de grand format qui ont une foulée plus ample. Dans des conditions semblables de vitesse et de piste, les mesures des caractéristiques de la foulée ont l'avantage d'être très reproductibles.

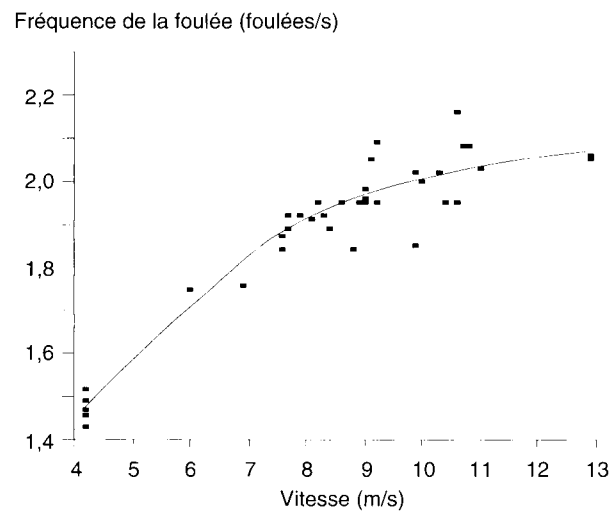
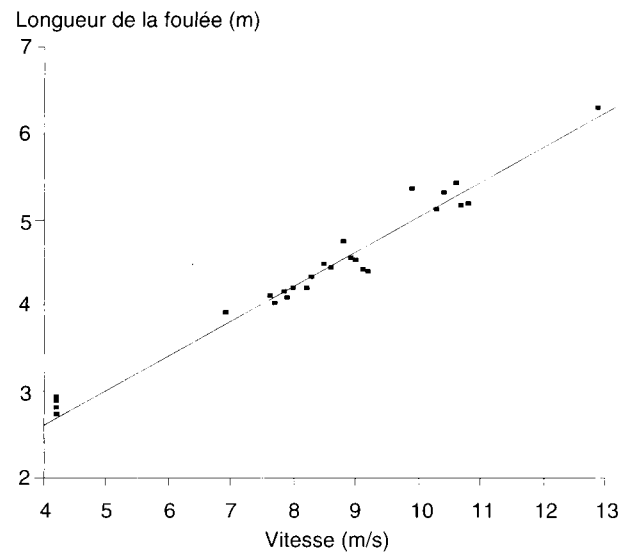
Pour une vitesse de déplacement donnée, chaque cheval adopte une stratégie locomotrice qui lui est propre. Une combinaison particulière de la cadence et de l'amplitude de sa foulée lui permet ainsi d'optimiser sa dépense énergétique en fonction de l'effort demandé (accélération, dénivellation, sauts, etc...). Les caractéristiques de la locomotion et plus particulièrement la fréquence des foulées retentissent donc directement sur le métabolisme énergétique musculaire.

La mesure des paramètres de la foulée en compétition de haut niveau a montré des liaisons significatives avec les résultats des épreuves. Au concours de dressage des Jeux Olympiques de Séoul, le total des points a été significativement corrélé à l'amplitude des foulées développées au galop allongé. En concours complet d'équitation, les pénalités minimales correspondent aux chevaux qui, au cours de la phase de steeple, adoptent une cadence comprise entre 1,85 et 2,05 foulées/s et qui allongent le plus possible leurs foulées au-delà de 6,60 m.

#### b / Analyse du saut d'obstacles

La mécanique du saut est complexe à analyser car la prise d'appel est un phénomène très bref qui nécessite des techniques de mesure sophistiquées. Néanmoins, il est établi qu'à l'abord d'un obstacle, c'est la décélération rapide du mouvement en avant lors de la foulée d'appel qui donne au cheval l'énergie

**Figure 2.** Changement de la longueur (A) et de la fréquence (B) des foulées de chevaux effectuant un test d'effort à vitesse progressivement croissante (Barrey et al 1991).



mécanique nécessaire au saut. Plusieurs études montrent l'existence d'une variabilité des caractéristiques des foulées avant et après le saut ce qui traduit différentes techniques de saut selon les animaux et le type d'obstacle à franchir. Les analyses cinématiques révèlent, chez les meilleurs chevaux, l'importance de l'engagement des postérieurs au moment de l'appel et l'aptitude à retrouver l'équilibre rapidement après la réception (Duffosset et Langlois 1984).

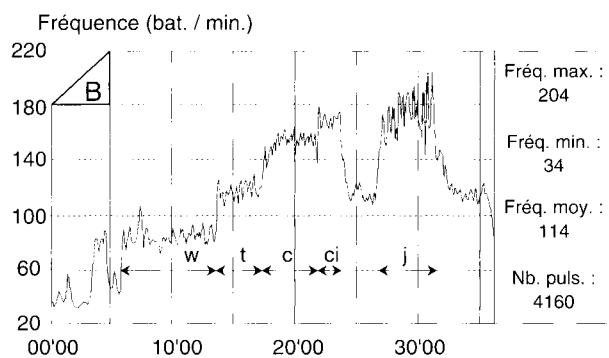
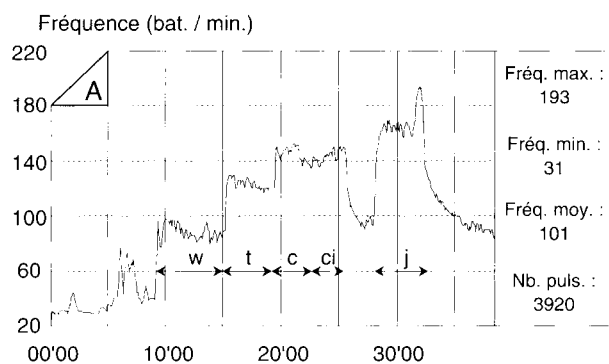
Pour détecter précocement les chevaux les plus aptes pour le concours hippique, il faut connaître auparavant les caractéristiques locomotrices les plus favorables à la performance en compétition. Cette démarche nécessite une analyse synthétique de la mécanique du saut par des moyens vidéo sophistiqués, actuellement mis en oeuvre en collaboration avec l'École Nationale d'Équitation et le laboratoire de locomotion équine d'Uppsala (Suède). Il s'agit d'étudier sur un obstacle standard les phases d'appel, de planer et de réception en filmant des chevaux

munis de repères anatomiques. Les trajectoires des points repérés sont ensuite déterminées automatiquement par un logiciel d'analyse d'images spécialement développé pour étudier la locomotion du cheval.

### 3.5 / Profils psychiques et aptitudes sportives

Bien qu'encore très mal cernée, la psychologie du sportif a sans aucun doute une grande importance dans les résultats sportifs, tout du moins à haut niveau. Chez le cheval, cet aspect n'a pratiquement pas été abordé et pourtant il semble que le profil psychique soit l'un des facteurs importants de la réussite en compétition. Plusieurs aspects mériteraient quelques investigations : l'excitabilité, l'anticipation à l'effort, la réponse au stress de la compétition, l'attention au travail et la vitesse d'apprentissage. En fonction des disciplines, on privilégiera certains profils psychiques plus aptes : en dressage, le calme, l'attention et la vitesse d'apprentissage seront recherchés tandis qu'en course, l'anticipation à l'effort sera considérée comme une grande qualité. A titre d'exemples, les enregistrements cardiaques au cours de tests d'effort standardisés adaptés pour des chevaux de saut d'obstacles semblent apporter une information sur l'excitabilité et l'anticipation à l'effort (figure 3).

**Figure 3.** Enregistrements de la fréquence cardiaque au cours du même test d'effort chez deux chevaux montés par le même cavalier. Le cheval A est beaucoup plus calme que le cheval B qui est très excitable. Lors des sauts des croisillons (phase Ci) qui constituent un effort très semblable à la phase C, le cheval B présente une élévation de fréquence cardiaque supérieure au cheval A. On parle d'un phénomène d'anticipation sur le travail de saut qui suit toujours cet échauffement préalable. Légendes : w=pas, t=trot, c=galop, ci=4 sauts de croisillons de 0,40 m, j=10 sauts d'un droit (1,1m) et d'un oxer (1,1x1,1 m).



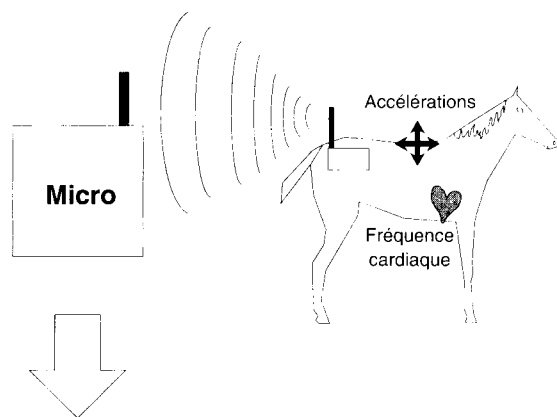
#### 4 / Perspectives : étude de la variabilité génétique des paramètres physio-locomoteurs chez le jeune cheval

Dans un premier temps, nous retiendrons trois paramètres pour étudier l'aptitude sportive des chevaux dans les différentes disciplines : la fréquence cardiaque, la cadence et l'amplitude des foulées. Les critères de ce choix reposent sur la fiabilité des mesures et le caractère semble-t-il héritable des paramètres mesurables. La locomotion sera analysée par des méthodes accélérométriques, la capacité physique aérobie par l'enregistrement de la fréquence cardiaque et certains aspects du psychisme par l'analyse des changements de la fréquence cardiaque face à certains stimuli.

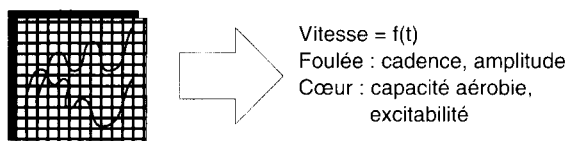
Dans cette perspective notre premier objectif a été de concevoir un appareillage de mesure peu encombrant et utilisable sur des chevaux dans des conditions expérimentales variées. Il s'agit d'un système de télé-mesure qui permet d'enregistrer à distance la fréquence cardiaque et l'accélération horizontale et verticale du cheval au cours de son déplacement (figure 4). Ce système de mesure ne gêne pas le cheval du fait de son faible encombrement et de son intégration au harnachement. Une sangle élastique plate, posée au niveau du passage de sangle, est équipée de deux capteurs accélérométriques et cardiaques, eux-mêmes reliés à un émetteur. La transmission radio des données numérisées permet un contrôle systématique des informations reçues par le récepteur et garantit ainsi l'absence d'erreur. Après la réception, l'enregistrement des données est assuré par un micro-ordinateur placé à une distance maximale de 150 m. Les données ainsi enregistrées directement sur un support micro-informatique sont ensuite rapidement traitées au laboratoire.

**Figure 4.** Système de télé-mesure utilisé pour étudier les paramètres physio-locomoteurs chez le jeune cheval.

##### 1 Acquisition des données

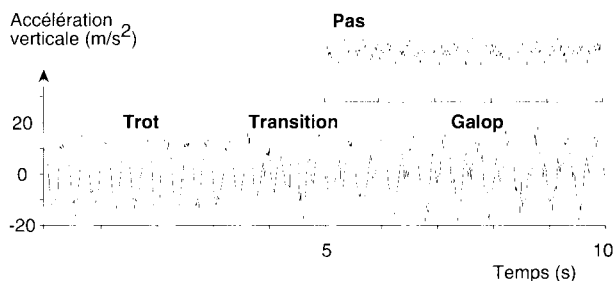


##### 2 Traitement des données



Les premiers essais en cours montrent la faisabilité et la sensibilité de cette technique de mesure (figure 5). Après une phase de validation, cet appareil servira à étudier la variabilité individuelle et génétique de paramètres physio-locomoteurs chez le jeune cheval.

**Figure 5.** Exemple d'enregistrement accélérométrique montrant les variations d'amplitude des mouvements et de la fréquence des foulées en fonction de l'allure du cheval (P=pas ; T=trot ; G=galop).



## Conclusion

La recherche de critères précoces de sélection basés sur la mesure de paramètres physio-locomoteurs chez le jeune cheval apparaît comme un thème de recherche original qui commence à préoccuper les spécialistes de plusieurs pays. La mise en application d'une telle méthode compléterait le système d'indexation basé sur les gains en compétition et consoliderait l'avance zootechnique acquise par la France dans ce domaine.

## Références bibliographiques

- Auvinet B., Galloux P., Michaux J.M., Franqueville M., et al, 1991. Test d'effort standardisé de terrain pour chevaux de concours complet. *Science & Sport*, 6, 145-152.
- Barrey E., 1990. Modélisation du cheval à l'effort : mise au point d'un simulateur sur un logiciel de calcul. *Rec. Méd. Vét.*, 166(12), 1135-1144.
- Barrey E., Galloux P., Valette J.P., Auvinet B., 1991. Epreuve d'effort triangulaire de terrain et sur tapis roulant : analyse comparative. 42ème réunion de la F.E.Z., 8-12 septembre 1991, Berlin.
- Bouchard C., Malina R.M., 1984. Sport and human genetics. Malina & Bouchard Eds, Olympic Sci. Congr. Proc.4, Human kinetics Pub., IL.
- Demonceau T., 1989. Appréciation de l'aptitude physique du cheval d'endurance : intérêt du seuil anaérobie lactique. Thèse vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Dufosset J.M., Langlois B., 1984. Analyse statistique du geste à l'obstacle de 122 chevaux de Selle Français et intérêt du jugement du saut en liberté. *Proceeding 10ème Journée d'Etude, CEREOPA-ERPC*, 7 mars 1984, Paris.
- Langlois B., 1980. Heritability of racing ability in Thoroughbreds - a review. *Livest. Prod. Sci.*, 7, 591-605.

Langlois B., 1982. L'héritabilité des performances chez le Trotteur - une revue bibliographique. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 14(3), 399-414.

Snow D.H., Guy P.S., 1980. Muscle fibre type composition of a number of limb muscles in different types of horse. *Research Vet. Sci.*, 28, 137-144.

Tavernier A., 1986. Données nouvelles sur les performances des chevaux de sport : précocité, effets maternels, influence du type génétique. *Journée de la recherche chevaline, CEREOPA*, 12 mars, Paris.

Tavernier A., 1992. L'indexation pour le classement. *INRA Prod. Anim.*, hors série "Éléments de génétique quantitative et application aux populations animales", 209-211.

Valette J.P., Barrey E., Wolter R., 1991. Multivariate analysis of exercise parameters measured during an incremental treadmill test. *Equine Exercise Physiology 3*, Persson S.G.B., Lindholm A. and Jeffcott L.B. (Eds), ICEEP Publications, Davis, California.

Valette J.P., *et al* , 1992. Détection précoce de l'aptitude physique chez le Pur Sang Arabe de course. *EquAthlon* vol.4, 13.