

ifce

institut français
du **cheval**
et de l'**équitation**



44^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 15 mars 2018

Cheval de course et techniques de précision : état des lieux et perspectives

C. Leleu

Equi-Test, La lande, 53290 Grez en Bouère, France

Résumé

L'entraînement de précision peut se définir par l'utilisation coordonnée de capteurs pour mesurer des paramètres physiologiques ou biomécaniques et de nouvelles technologies de communication pour échanger, transformer et restituer ces informations à l'entraîneur afin de l'aider dans sa prise de décision en complément de ses propres observations. Face à l'essor de nouveaux outils numériques équins, un rappel non exhaustif des travaux de recherche appliquée initiés dans ce domaine est proposé. Le principe, les intérêts et limites de certains systèmes innovants sont évoqués. Enfin les bénéfices de l'entraînement de précision, à l'échelon individuel ou collectif mais aussi des pistes de réflexion quant aux prérequis de son développement sont avancés.

Mots clés : courses, capteurs, objet connecté, transition numérique

Summary

Precision training can be defined by the coordinated use of sensors to measure physiological or biomechanical parameters and new communication technologies to exchange, transform and return this information to the coach to help him in his decision-making, in addition to his own observations. Faced with the rise of new digital equine tools, a reminder of the applied research works initiated in this area is proposed. The principle, the interests and the limits of certain innovative systems are mentioned. Finally, the benefits of precision training, at the individual or collective level but also a point for consideration on the prerequisites for its development are proposed.

Key-words: racing industry, sensors, connected device, digital transition



Introduction

Actuellement, les défis que doit relever la filière course sont en partie semblables à ceux relevés par d'autres filières de productions animales : sécuriser les performances économiques (le plus souvent en augmentant les effectifs d'animaux tout en limitant les charges de personnel) mais aussi répondre à des exigences sociétales grandissantes en matière de bien-être animal. C'est dans ce contexte que se développent les outils d'entraînement de précision appliqués aux chevaux de course.

L'entraînement de précision peut se définir par l'utilisation coordonnée de capteurs pour mesurer des paramètres physiologiques, biomécaniques, comportementaux ou les caractéristiques du milieu (température, hygrométrie...) et de technologies de l'information et de la communication (TIC) pour échanger, stocker, transformer et restituer ces informations à l'entraîneur afin de l'aider dans sa prise de décision en complément de ses propres observations. L'utilisation d'automatismes connectés permettant de libérer l'entraîneur et son personnel de certaines tâches astreignantes (distribution d'aliment et d'eau) peut également être associée à l'entraînement de précision.

Ces dernières années, de nombreux systèmes de précision applicables au cheval de course ont été développés. Certains sont communs à d'autres productions animales, principalement bovine ou porcine, et d'autres sont spécifiquement destinées aux athlètes équins. A partir d'exemples non exhaustifs, les principes de fonctionnement de ces systèmes, leurs intérêts pratiques et leurs limites pour les socio-professionnels sont évoqués.

1 Des techniques de précision communes à d'autres espèces animales

1.1 L'identification électronique

L'identification électronique par implantation d'un transpondeur a été rendue progressivement obligatoire chez les équidés entre 2003 et 2008. Le transpondeur utilisé est de type RFID-FDX (Radio-Frequency Identification, Full Duplex). Il est constitué d'une puce électronique codant un numéro unique, d'un condensateur et d'une bobine faisant office d'antenne, le tout enveloppé dans une capsule de verre inerte biocompatible. D'une taille de 11 mm sur 2 mm, il est implanté dans le tissu adipeux du ligament cervical, au tiers supérieur de l'encolure, à environ 3 cm de la base des crins. Le transpondeur est lu à l'aide d'un lecteur qui active la puce (liaison montante) et retransmet le numéro unique (liaison descendante) permettant ainsi le contrôle de l'identité de l'animal. Les intérêts du RFID en matière d'identification équine résident dans sa fiabilité, son inviolabilité et aussi dans les possibilités futures de couplage à d'autres technologies (température).

1.2 La distribution de concentrés

Contrairement à d'autres filières animales, le secteur équin est très peu automatisé et l'alimentation des chevaux est quasi exclusivement assurée manuellement. Des solutions techniques existent cependant afin d'automatiser cette tâche : ce sont les distributeurs automatiques de concentrés (DAC). Utilisés depuis des décennies en élevage laitier, les DAC arrivent maintenant au sein des écuries. Ces systèmes, tels qu'Equidistrib® d'ABSI ou Hippomeal® d'Ineatech, comprennent une cuve inox de 60 à 80 litres contenant l'aliment concentré couvrant cinq à sept jours d'alimentation. Cette dernière est reliée à un coffret électrique permettant la programmation centralisée des distributions.

Photo I: Système Equidistrib®
Photo I: Equidistrib System®





Pour l'entraîneur, les avantages des DAC sont d'ordre économique : le gain de temps permet une économie de main d'œuvre mais aussi d'ordre zootechnique. Les distributions automatisées permettent de meilleures précision et individualisation du rationnement. La fréquence des repas peut être considérablement augmentée (jusqu'à 10 repas par jour), ce qui est bénéfique sur un plan digestif (diminution de la prévalence des ulcères gastriques) et comportemental (diminution des stéréotypies). Bien que se substituant au soigneur dans la tâche de distribution, l'automatisation ne le dispense évidemment pas à d'observer le comportement alimentaire des chevaux, élément crucial de l'évaluation de la réponse à l'entraînement. Au contraire, le temps gagné par les soigneurs peut être réinvesti dans l'observation minutieuse des athlètes et dans leurs soins. Cependant, pour lors, les coûts d'installation et de maintenance semblent être les principales limites au développement de ces systèmes automatisés et connectés.

1.3 Le contrôle de l'abreuvement

Autre élément clé de l'alimentation du cheval de course, l'eau de boisson peut elle aussi être contrôlée de manière automatisée et sa consommation évaluée avec précision. Le système Blue Intelligence® de La Buvette repose sur la combinaison de plusieurs éléments : les abreuvoirs Blue Intelligence® ou des abreuvoirs préexistants, un boîtier de gestion, une station météo et le logiciel de gestion sur sa tablette-PC. Il permet de surveiller de manière automatisée et centralisée, la consommation d'eau de chaque cheval et d'être alerté en temps réel en cas de comportement d'abreuvement anormal, pouvant être un signe avant-coureur d'un problème de santé.

Photo II : Système Blue intelligence®
Photo II: Blue Intelligence® system



Outre l'investissement financier pour équiper les écuries, une des limites pourrait être que ces systèmes de contrôle d'abreuvement ne sont utilisables que pour les chevaux au box 24 h/24. Or il est fréquent, dans le milieu du trot et secondairement dans celui de l'obstacle, que les chevaux passent une grande partie du temps au paddock.

1.4 Le suivi de poids

Le suivi de poids est sans doute une des techniques de précision que les professionnels des courses se sont appropriés le plus facilement. Bien que rarement numérisées, ces données de poids permettent à l'entraîneur de déterminer un poids de forme de manière plus précise que par une simple appréciation visuelle, ce poids de forme se définissant comme le poids optimal atteint pendant une période de performance sportive. Connaître précisément le poids de forme permet, par exemple, pour un cheval en reprise d'entraînement et en surpoids, de planifier le retour à la compétition plus efficacement en adaptant mieux le travail et la ration. Inversement, la détection plus précoce de perte de poids permet de limiter le risque de surentraînement chez un cheval en phase de compétition très intense.

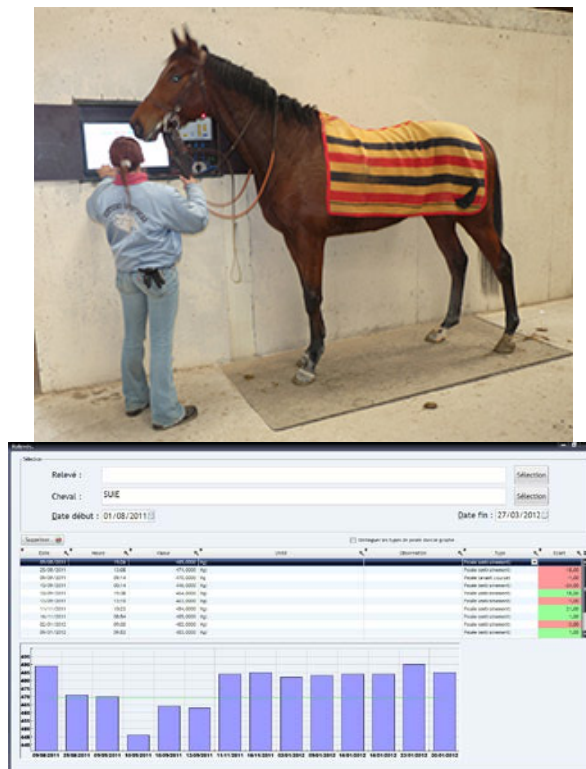
Un autre intérêt des pesées régulières est de quantifier l'impact des compétitions sur l'organisme du cheval et de suivre la récupération de ce poids de forme. En effet, chez le cheval athlète, l'exercice maximal induit une déshydratation à l'origine d'une perte de poids variable. Le délai de récupération du poids après une course est un élément important du suivi médico-sportif car il conditionne la reprise de l'entraînement intensif ou de la compétition.



Dans une étude rétrospective récente, les facteurs de variation relatifs à la perte de poids induite par la course et au délai de récupération du poids pré-course ont été étudiés chez le Trotteur (Leleu *et al.* 2017). Sur la base d'un suivi de poids quotidien au sein d'une écurie de trotteurs et l'analyse de 648 compétitions, il apparaît que des facteurs individuels (l'âge, le tempérament) et environnementaux (T° extérieure et durée de transport) impactent significativement la perte de poids et le délai de récupération.

Pratiquement, le suivi de poids est facilité par l'acquisition d'une balance connectée à un logiciel spécifique de gestion du poids des chevaux tel que le système EquiTop Pesée d'ABSI ou HippoWeight d'Ineatech permettant l'enregistrement systématique des données et leur restitution graphique.

Photo III: Système EquiTop Pesée® d'ABSI
Photo III: Weight management by EquiTop Pesée®



1.5 La température corporelle

Fin 2017, la société Allflex, a mis sur le marché français des transpondeurs associant identification et mesure de la température corporelle pour les animaux de compagnie. L'intérêt de ces systèmes réside dans la possibilité de détecter facilement les hyperthermies sans prise de température rectale. Pour lors, chez le cheval, l'utilisation de ces transpondeurs RFID à température est au stade expérimental sur des populations à l'élevage dans le cadre du projet Equi-detect. Comme pour les autres systèmes de mesure, l'utilisation pratique de ces capteurs nécessite une connaissance approfondie de la sensibilité et de la spécificité de ces mesures dans les conditions réelles d'utilisation. Pratiquement, il pourrait être intéressant de quantifier sur le terrain l'hyperthermie induite par l'exercice maximal et d'en suivre la normalisation pendant la phase de récupération.

2 Des techniques de précision spécifiques du cheval de course

2.1 Analyse du mouvement

La qualité du geste sportif est un facteur évident de la performance des chevaux de course. Inversement, la détérioration de la locomotion c'est-à-dire la boiterie est la première cause de contre-performance en course.



L'accélérométrie est une des techniques d'analyse gestuelle les plus étudiées en recherche appliquée équine du fait de sa praticité et de la possibilité d'obtenir rapidement des données biomécaniques sur le terrain.

2.1.1 Le geste sportif

Développé dans les années 90 au sein de l'INRA, le système Equimétrie[®] repose sur l'enregistrement des accélérations selon trois axes (vertical, longitudinal et latéral) à partir d'un accéléromètre situé à la sangle, c'est-à-dire au plus proche du centre de gravité du cheval en mouvement. L'analyse des enregistrements permet de quantifier entre autres de la fréquence et la longueur de foulée, des indices de symétrie et régularité, des niveaux d'activité dans les trois dimensions. Chez le trotteur, le test locomoteur a été validé par des protocoles de correspondance vidéo-accélérométrique puis de reproductibilité temporelle et spatiale (Leleu et al, 2004a). Les phénomènes d'acquisition du geste sportif et de mécanisation des jeunes chevaux ont aussi été décrits (Leleu et al, 2004b), tels que l'augmentation de la durée et de la longueur de foulée, l'amélioration de la symétrie et de la régularité ou encore la diminution des déplacements thoraciques dans les trois dimensions. Enfin, une étude comparant des trotteurs d'élite à des trotteurs de niveau moyen révèle que les bons performers présentent des fréquences de foulée, des durées de propulsion supérieures associées à des déplacements latéraux moindres (Leleu *et al.*, 2005a). Chez le galopeur de plat, la fréquence de foulée est aussi corrélée positivement au niveau de performance (Barrey et al, 2001). Cependant, si l'intérêt de ce système en matière de recherche appliquée est réel, les applications pratiques pour les professionnels de la filière restent à mettre en évidence.

2.1.2 Le geste pathologique

La détection et la quantification des boiteries sont un challenge majeur pour le vétérinaire chargé du diagnostic d'une affection locomotrice chez le cheval sportif. L'utilisation d'un accéléromètre sternal voire de deux accéléromètres (sternal et sacral) suivi du calcul d'indices de symétrie et de régularité se révèle peu corrélée à l'évaluation du clinicien (Weishaupt *et al.* 2001) et n'apporte pas d'information suffisamment sensible pour un usage clinique.

Cependant un autre système accélérométrique apparaît maintenant dans les cliniques vétérinaires : le Lameness Locator[®] d'Equinosis LLC. Ce système, développé au sein de l'Université du Missouri, permet une analyse de la locomotion objective dans des conditions de terrain et en temps réel. Ce système se compose de 3 capteurs inertiels fixés sur le paturon droit, la nuque et la croupe, transmettant en Bluetooth les informations vers une tablette. Les différences de variation des hauteurs de tête et de croupe au cours du cycle locomoteur sont déduites à partir d'algorithmes complexes. Les asymétries antérieures et/ou postérieures sont proportionnelles à la différence des hauteurs minimales et maximales respectivement de la nuque ou du sacrum et quantifiées sur ce principe. Des protocoles de validation (Keegan et al 2012, McCracken et al 2012) confirment que, utilisée en complément de l'évaluation visuelle, le système permet ainsi d'obtenir des données quantifiées de la boiterie.

Photo IV: capteurs du Lameness Locator[®] et fiche de résultats
Photo IV: Lameness Locator[®] sensors and results sheet





permis, par la création d'un protocole de test d'effort standardisé, d'objectiver un certain nombre de caractéristiques telles que la capacité cardiaque ou la capacité aérobie, fortement prédictives du niveau de performance (Demonceau et Auvinet, 1992). Ces critères reposent sur des mesures fiables de la vitesse, de la fréquence cardiaque à l'effort et sur le dosage des lactates.

2.2.1 Vitesse

Dans le milieu du trot, la mesure de la vitesse au cours des séances d'entraînement est une pratique très fréquente et elle est quasi systématique en compétition. Traditionnellement et encore actuellement, cette mesure se fait par chronométrage sur une distance donnée permettant de calculer une vitesse moyenne sur cette distance, le plus souvent exprimée en réduction kilométrique, c'est-à-dire en temps nécessaire pour parcourir un kilomètre. Chaque trotteur ayant couru sur une piste homologuée est ainsi caractérisé par son temps record rapporté au kilomètre, témoin partiel de sa qualité sportive.

Puis l'utilisation de tachymètres électromagnétiques issus du milieu cycliste s'est développée. Ces systèmes comprenaient un aimant fixé sur un rayon de la roue du sulky et un capteur électromagnétique relié à un afficheur fixé devant le driver. Le principe reposait sur le calcul d'une vitesse issue du produit de la circonférence de la roue du sulky par le nombre de tour détecté par le capteur. Ces systèmes évitaient la manipulation d'un chronomètre et permettaient d'observer des mesures instantanées à condition que la circonférence de la roue soit précisément mesurée...

Dans les années 2000, l'arrivée des GPS (Global Positioning System) permet de faciliter encore l'accès à cette donnée fondamentale de l'entraînement. Très simple d'utilisation, cette technique permet en outre la mesure de la vitesse des chevaux montés. Cependant, des pertes de précision peuvent être observées en terrain couvert ou sur des tracés de piste aux virages serrés. Les améliorations technologiques progressives en font maintenant un outil de mesure de vitesse suffisamment précis pour une application à l'entraînement du cheval de course.

2.2.2 Fréquence cardiaque à l'exercice

Organe clé de la performance motrice, le cœur assure la circulation du sang, apportant oxygène et nutriments au tissu musculaire et évacuant les déchets métaboliques et le gaz carbonique. Au repos, la fréquence cardiaque est généralement comprise entre 20 et 40 battements par minute. Elle augmente linéairement avec l'intensité de l'exercice jusqu'à atteindre des valeurs maximales de 220 – 250 bpm. Peu modifiées par l'entraînement, les FC de repos et maximales sont d'un intérêt limité dans l'évaluation de la condition physique et de l'aptitude sportive du cheval de course. Par contre, la fréquence cardiaque au cours de l'effort est significativement modifiée par l'entraînement : pour une intensité d'effort donnée, elle est d'autant plus basse que le cheval est entraîné. Par conséquent, ce paramètre aisément mesurable est fréquemment utilisé pour apprécier la condition physique d'un individu donné. De plus, la fréquence cardiaque à l'effort est liée au niveau de performance dans les disciplines de demi-fond. Chez le cheval de course, la mesure de la V200 (vitesse induisant une fréquence cardiaque de 200 battement /min) au cours d'un test d'effort peut être prédictive du niveau de performance et présente donc un intérêt en matière de sélection individuelle. Enfin, une fréquence cardiaque au travail anormalement élevée peut-être un signe avant-coureur de pathologie et donc signal d'alerte pour l'entraîneur.

Leader mondial du cardiofréquencemètre, Polar a développé depuis les années 90 divers systèmes d'acquisition et d'analyse des données cardiaques équines, validés scientifiquement (Holopherne et al 1999).

Actuellement, les cardio-fréquencemètres Polar classiquement utilisés dans le suivi des trotteurs comprennent une sangle textile sur laquelle se fixe un émetteur communicant par Bluetooth avec un récepteur, affichant la fréquence cardiaque et la vitesse par GPS.

Photo V : Système Polar Trotting M450

Photo V: Polar Trotting M450 system





L'appropriation de ce matériel par les professionnels des courses est restée cependant faible pendant de nombreuses années du fait, entre autres, d'insuffisances techniques des électrodes puis des ceintures dans des conditions d'utilisation réelles d'une écurie. Grâce au développement d'une sangle robuste et parfaitement adaptée à une utilisation quotidienne, le nombre d'entraîneurs utilisant ces capteurs a fortement augmenté ces quatre dernières années.

Associé à ce système de mesure, Polar propose un web service : Polar Flow® destiné aux sportifs humains permettant le transfert, le stockage, la relecture des données cardiaques mais aucun logiciel d'analyse adaptée au cheval et à la gestion collective des données d'une écurie n'est actuellement disponible.

Pour pallier à cette insuffisance d'outils numériques spécifiquement équins permettant de stocker, d'échanger, d'analyser les données physiologiques à l'effort, des starts up apparaissent telles qu'Arionéo, Waook ou le groupe Paris Turf. En 2018, Arionéo lance sur le marché du galop son Equimètre®, boîtier connecté assurant l'acquisition de la vitesse, la fréquence cardiaque et de données biomécaniques (fréquence et longueur de foulée). Le web service associé permet une analyse des données et la visualisation graphique des tracés d'entraînement et de données telles que V200, vitesses et FC max ou les comparaisons inter et intra individuelle. La même année, Waook lance pour le milieu trotteur l'application iPhone/iPad Waook®, permettant, à partir de la technologie Polar, d'afficher, d'enregistrer et d'analyser en instantané les données vitesse et fréquence cardiaque. De plus ce logiciel intègre d'autre variable d'intérêt comme la lactatémie et contient un algorithme d'interprétation des données physiologiques.

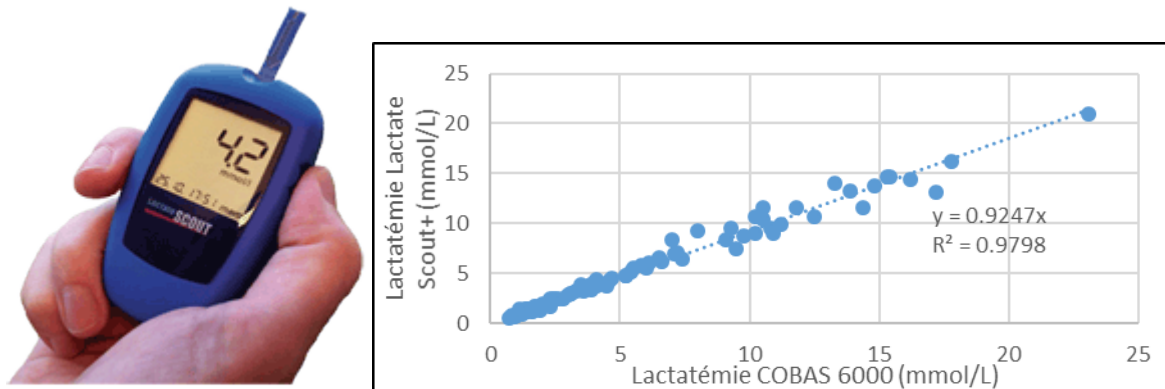
2.2.3 Lactatémie

Paramètre d'intérêt majeur du suivi médico-sportif du cheval de course, l'évaluation de la lactatémie après un effort standardisé permet une évaluation de sa capacité aérobie. La V_{la4} , (vitesse correspondant à une lactatémie de 4 mmol/l), est une variable fortement modifiée par l'entraînement foncier et qui permet donc d'en suivre les effets. Elle est de plus très corrélée à la performance en course de trot (Couroucé, 1999, Leleu et al 2005b) et prédictive de la performance future des jeunes chevaux (Leleu *et al.* 2004c).

Le dosage de la lactatémie nécessite la réalisation d'une prise de sang juste après l'effort et une analyse rapide après prélèvement. Le développement de nouveaux analyseurs portatifs de lactates fiables et validés dans l'espèce équine tels que le Lactate Scout + d'EKF ou Lactate pro 2 d'Akay permet maintenant d'obtenir des résultats fiables en quelques secondes.

Photo VI : Lactate Scout + ® et sa validation en médecine sportive équine

Photo VI : Lactate Scout + ® and its validation for equines



Chez l'athlète humain, des systèmes de suivi lactique non invasifs, intégrant des biocapteurs dans un bracelet ou un brassard, sont en cours de développement afin de limiter l'invasivité de ces suivis. Il est probable que dans les années futures ces systèmes soient appliqués aux athlètes équins.

3 Perspectives

3.1 De nouvelles opportunités

Les nouvelles technologies appliquées à la filière course produiront prochainement une variété et un volume de données très important. Ces masses de données issues de l'entraînement de précision auront des applications directes à l'échelon individuel et collectif.



Au niveau individuel, pour l'entraîneur, ces données peuvent servir d'aide à la décision en matière de sélection individuelle des jeunes chevaux, de détermination de la charge d'entraînement afin d'éviter sous-entraînement et surentraînement et de système d'alerte en cas de réponse anormale à l'entraînement. Pour l'éleveur, ces données d'entraînement peuvent permettre aussi par exemple de caractériser le potentiel physiologique d'une pouliche n'ayant pas couru car accidentée précocement. De même, un futur propriétaire pourra « sécuriser » son achat en corrélant l'avis subjectif de l'entraîneur qui le conseille et les mesures objectives d'une réponse à l'exercice.

Elles pourront aussi, de manière plus collective, permettre le développement du phénotypage à haut débit. En effet, à partir des années 2010, les premiers tests génétiques relatifs à la performance sportive sont apparus sur le marché pour la discipline du galop (Speed Gene Test® d'Equinome) et pour la discipline du trot (Synchrogait® d'Equibiogenes). Cependant le développement des connaissances sur le génome équin devra s'accompagner d'une meilleure caractérisation des phénotypes, étape essentielle à la progression des applications génomiques. Les capteurs embarqués offriront l'avantage que les coûts de collecte de données sont faibles, que ces données sont objectives et acquises fréquemment, sous réserve de la fiabilité des outils de mesure.

Les applications en matière de recherche appliquée sont nombreuses et devraient apporter des éléments de réponses à des problématiques telles que le rapport entre charge de travail des jeunes chevaux et leur longévité, entre charges d'entraînement et incidence du surentraînement ou de certaines pathologies (locomotrices ou respiratoires) etc.

3.2 Conditions nécessaires

Les nouveaux outils numériques de l'entraînement de précision nécessitent l'utilisation de terminaux fixes ou mobiles (ordinateur, tablette, smartphone..) et un accès à Internet ou à un réseau téléphonique pour piloter les outils et/ou utiliser des applications d'analyse. L'entraînement de précision implique donc de nouveaux besoins de connectivité. L'accès à internet ou aux réseaux de télécommunications en milieu rural, facteur parfois limitant, devra être facilité pour que la filière numérique équine se développe.

Autre élément fondamental du développement de ces outils et leurs applications, la qualité des données mesurées repose, entre autres, sur sa précision et celle-ci doit être validée à plusieurs niveaux. La précision du capteur envoyant le signal doit être comparée à celle du ou des systèmes de mesure de référence. La précision de l'algorithme transformant le signal en données devra aussi être évaluée en terme de sensibilité et de spécificité. Enfin, la validation de l'intérêt pratique de cette donnée pour le professionnel est évidemment la condition sine qua non au développement de ces outils.

Sur un plan économique, une des particularités de la filière équine est qu'elle constitue un marché de niche comparativement à d'autres filières agricoles en transition numérique. Ainsi, si la filière lait compte environ 3,8 millions d'individus, le nombre de chevaux de course à l'entraînement n'est que de 29 000... Une des conséquences est que le volume d'automates ou d'outils nécessaire à la filière est extrêmement réduit, ce qui en augmente le coût de production relatif. Or, la crise touche aussi la filière course : le nombre d'entraîneurs a chuté de 5 % au trot et de 17 % au galop entre 2010 et 2015. La santé financière de beaucoup de structures est précaire. Ainsi, la capacité financière à investir dans ces nouveaux outils est une des principales limites à la numérisation.

Sur un plan juridique, les questions de la propriété des données et de leur sécurisation numérique seront particulièrement cruciales dans la filière course. Cette dernière repose sur l'organisation de compétitions supports de paris sportifs générant chaque année un chiffre d'affaires d'environ huit milliards d'euros. Or, certaines données physio-sportives présentent un intérêt prédictif à court terme en matière de performance ou de contre-performance sportive. La divulgation volontaire ou involontaire des données pourraient interférer dans le choix des parieurs. De même, sur un plan commercial, la caractérisation objective des athlètes que ces systèmes autorisent pourrait influencer la décision d'achat, de vente ou la négociation du prix.

Comme dans d'autres filières, le développement de la robotique et du numérique dans la filière équine pourrait avoir un impact professionnel avec la réduction de certaines tâches répétitives (alimentation, abreuvement), l'amélioration de la productivité du travail (sélection plus précoce, individualisation de l'entraînement) mais aussi par une transformation de la nature des activités (suivi et analyses de données). En parallèle, cette révolution technique devra s'accompagner d'une nécessaire évolution des compétences et des savoir-faire de l'ensemble de la filière course : entraîneurs et personnels d'écurie, vétérinaires...



L'appropriation de ces nouvelles technologies est sous tendue par la mise en place de formations initiales et continues adaptées aux milieux professionnels, par l'existence de services de support technique réactifs et performants. De nouveaux métiers pourraient ainsi voir le jour.

4 Conclusion

L'entraînement dit de précision est rendu possible grâce à l'arrivée de nouvelles technologies. Ces dernières ne sont cependant que des outils d'alerte ou d'aide à la décision qui ne remplaceront jamais le savoir-faire et l'expérience de l'entraîneur. Leur appropriation par les professionnels nécessite que de nombreuses conditions soient remplies telles que la validation des systèmes par comparaison à des méthodes de référence, la démonstration des intérêts pratiques et des bénéfices pour l'utilisateur final. La formation de tous les professionnels à ces outils et la possibilité économique de leur mise en pratique, c'est-à-dire des systèmes abordables sur un plan financier, seront aussi des conditions nécessaires.

Remerciements

L'auteur remercie les sociétés ABSI, Arionéo, Ineatech, La Buvette pour leur collaboration.

Références

- Barrey E, Evans SE, Evans DL, Curtis RA, Quinton R, Rose RJ. 2001 Locomotion evaluation for racing in thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal Supplement (33):99-103*
- Couroucé A. 1999. Field Exercise testing for assessing fitness in French Standardbred trotters, *The Veterinary Journal 157, 112-122.*
- Demonceau T., Auvinet B. 1992. Test d'effort de terrain pour trotteurs à l'entraînement : réalisation pratique et premiers résultats. In: *Compte-rendu de la 18^{ème} Journée d'Etude, CEREOPA, Paris, 120-132.*
- Holopherne D., Hodgson D., Rose R. and Couroucé A. 1999 Investigation on the accuracy of a new heart rate meter for use in exercising horses In *Proceeding of 6th Congress of WEVA (World Equine veterinary Association) Paris*
- Keegan KG, MacAllister CG, Wilson DA, Gedon CA, Kramer J, Yonezawa Y, Maki H, Pai PF. 2012 Comparison of an inertial sensor system with a stationary force plate for evaluation of horses with bilateral forelimb lameness. *American Journal Veterinary Research 73(3):368-74.*
- Leleu C., Bariller F., Cotrel C., Barrey E. 2004a Reproducibility of locomotor test for trotter horses. *The Veterinary Journal, 168, 160 - 166*
- Leleu C., Cotrel C., Barrey E. 2004b Age and training related changes in locomotion of trotter race horses *Equine and Comparative Exercise Physiology 1 (2); 107-117*
- Leleu C., Cotrel C. Barrey E. 2004c Predictive interest of physiological and gait variables in french Trotters performance in *Proceeding of CESMAS (Conference on Equine Sports Medicine And Science) : "The elite race and endurance horse", Ed : A.Lindner. 189-193.*
- Leleu C., Cotrel C., Barrey E. 2005a Relationships between biomechanical characteristics and race performance in Standardbred trotters. *Livestock Production Science 92, 39-46*
- Leleu C., Cotrel C., Couroucé-Malblanc A. 2005b Relationships between physiological variables and race performance in French standardbred trotters. *156, 339-42.*
- Leleu C., Miot M., Rallet N., Mailliot Pivan A.S. 2017 Perte de poids et délai de récupération post-compétition chez le Trotteur: analyse des facteurs de variation in *compte rendu des Journées Annuelles de l'association des vétérinaires équins de France (AVEF)- Paris*
- McCracken MJ, Kramer J, Keegan KG, Lopes M, Wilson DA, Reed SK, LaCarrubba A, Rasch M. 2012 Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Vet J.44(6):652-6.*
- Weishaupt MA, Wiestner T, Hogg HP, Jordan P, Auer JA, Barrey E. 2001 Assessment of gait irregularities in the horse: eye vs. gait analysis. *Equine Veterinary Journal Supplement (33):135-40*