

6047

LA PRÉVENTION DES BOITERIES CHEZ LE CHEVAL-ATHLETE: une ferrure amortissante* issue de la recherche en biomécanique

Drs E. BARREY, P. BENOIT et J.L. BROCHET
INRA, SGQA - groupe cheval, 78352 Jouy-en-Josas
ENV Alfort, 94704 Maisons-Alfort
Maréchal ferrant, 77120 Saint Augustin

Le cheval a d'importantes potentialités sportives mais celles-ci sont largement limitées par la relative fragilité de son appareil locomoteur qui est la cause de près de 45 % des interruptions de carrière sportive. Pour compenser cette faiblesse plusieurs techniques sont utilisables et notamment dans le domaine de la maréchalerie où l'emploi des ferrures amortissantes efficaces procure un bon moyen de prévention des boiteries.

Cinq années de recherche et d'essais sur le terrain, ont permis de concevoir une plaque de maréchalerie spécialement adaptée pour amortir l'impact du sabot sur le sol. Ce matériau issu de la haute technologie se travaille comme du cuir et réduit considérablement les effets destructeurs des chocs et des vibrations. Nous présentons ici les principes et les résultats obtenus avec cette nouvelle plaque EQUISOFT.

LES PREMIERES MILLISECONDES APRES LE POSER DU PIED

Au début de chaque appui, les pieds du cheval heurtent plus ou moins violemment le sol. L'intensité du choc dépend essentiellement de trois facteurs : la vitesse du cheval, la

capacité d'amortissement de la piste et celle de la ferrure. Ainsi, pour un cheval au galop de course, ses pieds viennent percuter le sol à près de 5 m/s et s'immobilisent en quelques dizaines de millisecondes. Pendant ces fractions de seconde, le

choc provoque des vibrations qui prennent naissance au niveau du fer et remontent rapidement à travers le squelette du membre (Figure 1). Chaque articulation joue le rôle de filtre et atténue ainsi la propagation de cette onde vibratoire, mais les

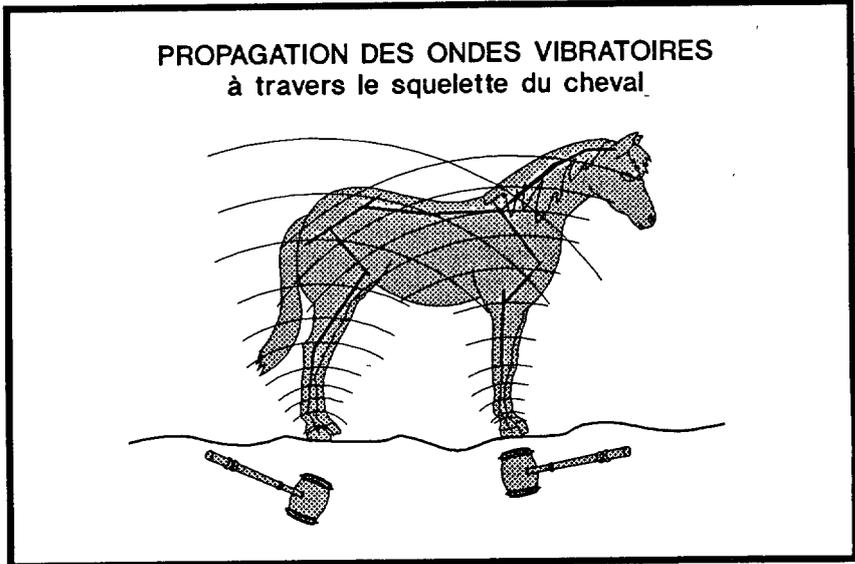


Figure 1 : Propagation des ondes vibratoires à travers le squelette.

* EQUISOFT est un produit Michel VAILLANT.

6047

articulations les plus basses, et plus particulièrement celles du pied, sont particulièrement exposées aux traumatismes causés par ces vibrations.

POURQUOI LES VIBRATIONS SONT-ELLES NEFASTES POUR LES MEMBRES DU CHEVAL ?

Aucune machine animée de mouvements rapides ne résiste à l'usure irrémédiablement provoquée par des vibrations de haute énergie. Les ingénieurs et mécaniciens le savent bien puisqu'ils cherchent toujours à minimiser ces phénomènes pour améliorer la fiabilité des engins et la durée de vie des pièces mécaniques. De la même manière, les tissus vivants comme l'os, le cartilage ou les tendons sont également vulnérables aux vibrations mécaniques de hautes fréquences. En médecine du travail, il est bien connu que les personnes qui utilisent des outils vibrants (tron-

çonneuses, marteau piqueur, etc...) pendant de longues durées sont fréquemment atteintes de pathologies articulaires dégénératives au niveau des membres supérieurs. De même, les talons du marathonnien et le coude du joueur de tennis, le coude ou l'épaule du maréchal-ferrant sont sujets à ces pathologies articulaires.

A partir de quelques exemples, expliquons simplement pourquoi certaines vibrations mécaniques ont un important pouvoir destructeur des matériaux ou des tissus vivants. En voiture, lors d'un freinage brutal, les passagers sont projetés en avant contre leurs ceintures de sécurité. Si un choc survient à l'arrière du véhicule, alors que la tête des passagers est en train de basculer vers l'avant, celle-ci est brutalement renvoyée en arrière. A l'instant où le mouvement de tête change de sens, les vertèbres cervicales ont de fortes chances d'être endommagées. Cet instant critique correspond à une inversion

du sens de l'accélération. Un objet qui vibre subit à plus ou moins grande échelle ces changements d'accélération qui peuvent le détériorer.

Deux autres exemples bien connus témoignent d'une autre sorte d'effets destructeurs des vibrations. La troupe de militaires marchant en cadence sur un pont ou le doigt humide qui frotte les bords d'un verre en cristal parviennent à casser ces objets avec de faibles efforts. Le verre comme le pont sont détruits par les vibrations qui atteignent une valeur critique (la fréquence de résonance) dépendante des matériaux et de la forme des objets. Ces phénomènes de résonance existent aussi dans le squelette et les tendons lorsque les sabots encaissent des chocs violents qui font vibrer transitoirement ces structures anatomiques à leur fréquence de résonance.

A chaque impact du sabot ferré sur le sol, le pied reçoit un "coup de marteau" d'autant plus énergétique que le cheval se déplace vite et que le sol est dur. Les extrémités des membres du cheval sont alors exposées aux effets détériorants des vibrations qui se répètent à chaque foulée (Figure 2). L'étude précise de ces phénomènes a permis de choisir le matériau synthétique le plus efficace pour amortir ces chocs et étouffer ces vibrations caractéristiques de la ferrure (Barrey 1991 a).

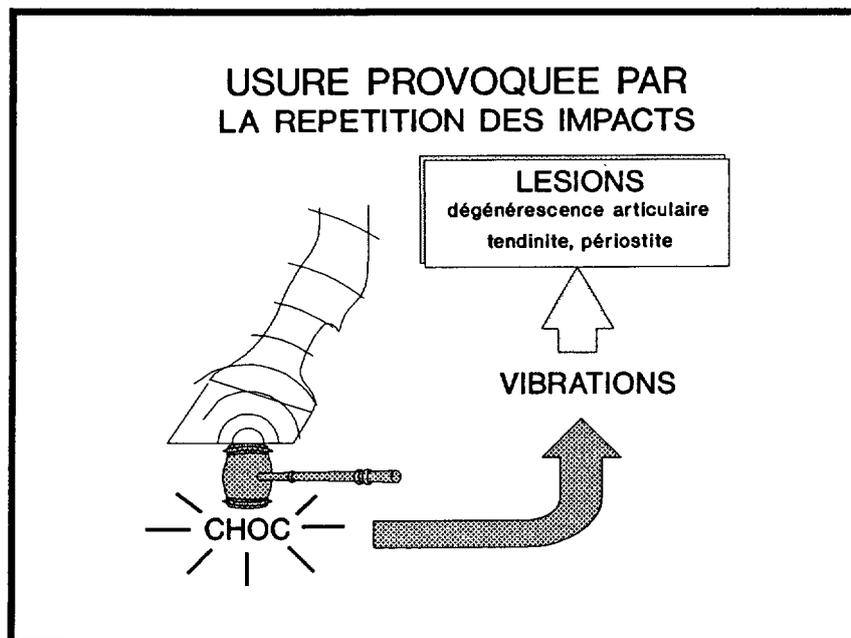


Figure 2 : Effets néfastes des vibrations provoquées par la répétition des chocs des sabots sur le sol.

DE L'IDEE A LA REALISATION D'UNE FERRURE DE SPORT DE HAUTE TECHNOLOGIE

Une étude comparative de tous les matériaux utilisés en maréchalerie pour améliorer le confort du cheval a permis de constater que peu de produits

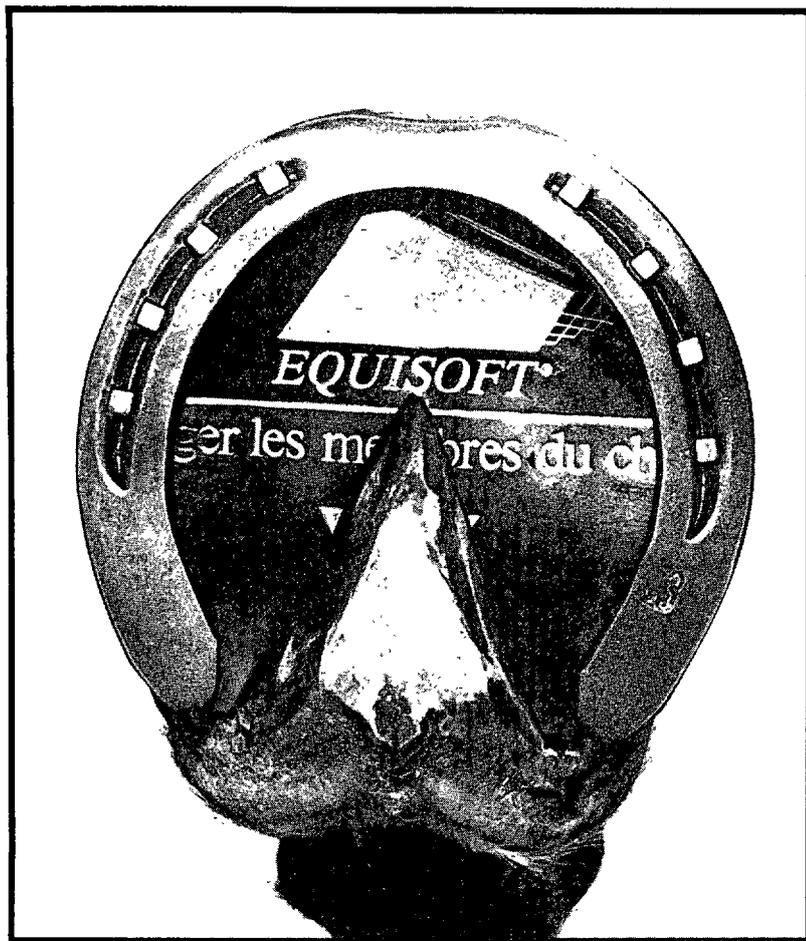


Figure 3 : Plaque amortissante EQUIISOFT mise en place avec un fer en acier.

L'EFFET AMORTISSANT EQUIISOFT

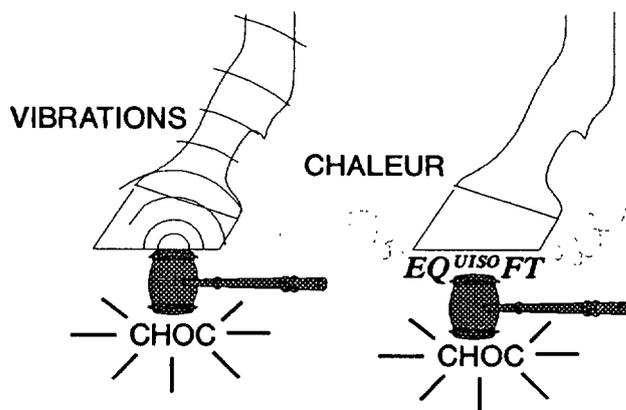


Figure 4 : L'amortissement de l'impact du sabot consiste à transformer l'énergie du choc en chaleur inoffensive pour les articulations.

étaient réellement efficaces pour amortir l'impact du sabot d'un cheval de sport ou de course en pleine action (Barrey 1991 b).

Parmi la multitude des matériaux nouveaux, nous avons cherché ceux qui pouvaient répondre le mieux au problème du maréchal : amortir efficacement l'impact sans fragiliser la ferrure et sans élever trop le prix des fournitures. Un seul matériau à la fois déformable et résistant aux frottements du sabot répondait à l'ensemble de ces exigences. Plusieurs prototypes constitués de ce caoutchouc synthétique ont donc subi une succession de tests : d'abord en laboratoire, puis sous les pieds d'un cheval équipé d'un capteur de chocs et de vibration. Les meilleurs ont été posés par le maréchal sur des chevaux utilisés dans diverses disciplines hippiques. L'ensemble de ces essais expérimentaux et pratiques a conduit à la mise au point d'une plaque amortissante qui est maintenant commercialisée (Figure 3).

PRINCIPE ET FONCTIONS DE LA PLAQUE EQUIISOFT

Toutes les propriétés de la plaque découlent des propriétés mécaniques originales du matériau choisi. Au toucher, la plaque semble dure mais elle prend pourtant la forme qu'on lui donne en la pliant. Si on la percute avec un marteau de forge lorsqu'elle est posée sur l'enclume, on n'observe pratiquement aucun rebond après le choc. Elle amortit parfaitement les chocs violents de haute fréquence. Que se passe-t-il donc dans cette matière ? La plaque se comprime rapidement et transforme ainsi l'énergie du choc en chaleur. De plus, sa

nature visqueuse étouffe les vibrations naissantes, ce qui explique le bruit sourd au moment de l'impact.

Sous le sabot du cheval, cette qualité d'amortissement est assurée dès l'instant où la plaque est bien posée en interposition entre la paroi et le fer, notamment en talons où les chocs sont les plus violents. L'amortissement du choc et des vibrations du fer réduit considérablement la propagation des ondes vibratoires au travers du membre (Figure 4).

L'amortissement n'intervient qu'au moment où les sabots heurtent le sol ; par la suite, la plaque est neutre et n'a qu'un rôle passif de protection de la sole.

Bien évidemment, l'amortissement des chocs et des vibrations néfastes ne se fait pas sans dommages pour la plaque. L'usure est inévitable et prouve d'ailleurs son efficacité. Après 5 semaines de ferrure et environ 250000 impacts, la région des talons, fortement sollicitée, est la plus usée. Les propriétés

amortissantes restent stables toute la durée de la ferrure, contrairement à celles du cuir.

La plaque *EQUISOFT* a des qualités amortissantes optimales pour des températures clémentes correspondant aux saisons de compétition. En effet, la dureté du matériau augmente avec le refroidissement et la plaque rigidifiée devient cassante aux alentours de 0 degré. Cette rigidification est entièrement réversible et n'altère pas le matériau. Son emploi en période hivernale nécessite donc certaines précautions au moment de la pose (se conformer à la notice d'emploi). Il suffit de réchauffer la plaque juste avant de la travailler afin de la rendre souple. Une fois mise en place, la chaleur du sabot maintient une température suffisante, même par temps froid, pour garantir les qualités amortissantes de la plaque. De plus, dès le début du travail, l'encaissement des premiers chocs réchauffe automatiquement le matériau qui s'assouplit.

De nombreuses expérimenta-

tions ont été menées pour tester les plaques *EQUISOFT* en association avec différents fers et pour la comparer aux autres produits existants. Un capteur fixé sur l'un des sabots antérieurs du cheval a ainsi permis de comparer les chocs et les vibrations encaissés par le pied ferré de différentes manières (Figure 5). Sur le plan pratique, il ressort que la plaque est utilisable aussi bien avec des fers classiques que des fers orthopédiques constitués de métal ou de polymère. Toutefois, les meilleurs résultats sont obtenus avec des fers légers en alliage d'aluminium ou en matière plastique.

RESULTATS DES ESSAIS SUR LE TERRAIN

Après les essais expérimentaux, environ 80 ferrures comportant des plaques *EQUISOFT* ont été testées par des maréchaux sur le terrain. Les plaques étaient posées sur des chevaux sains ou boiteux en association avec des fers de différentes sortes (Encadré 1). Pour chaque ferrure posée, une fiche de renseignements était remplie par le maréchal, le vétérinaire et le cavalier afin d'évaluer les raisons de la pose d'une ferrure amortissante, la tenue et l'usure de la ferrure et les résultats sur l'amélioration du confort locomoteur.

Les résultats sont résumés sous forme de pourcentages par rapport au nombre total de chevaux ferrés. Il ressort que la tenue des ferrures clouées est très satisfaisante pendant 5 semaines pour un cheval en période de compétition, voir davantage s'il travaille modérément (Figure 6). L'usure de la plaque en talon est souvent importante et doit être considérée comme normale.

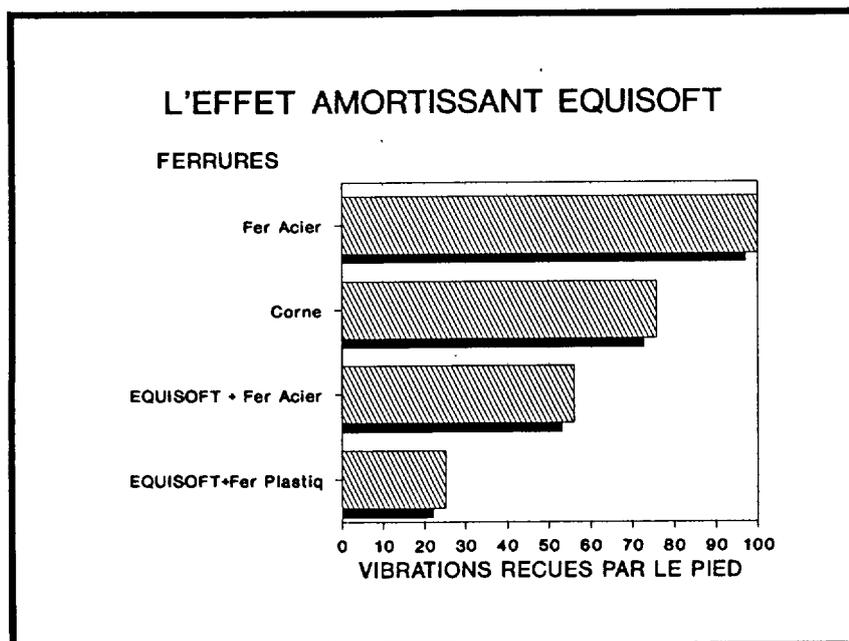


Figure 5 : Comparaison de l'amortissement procuré par différentes ferrures.

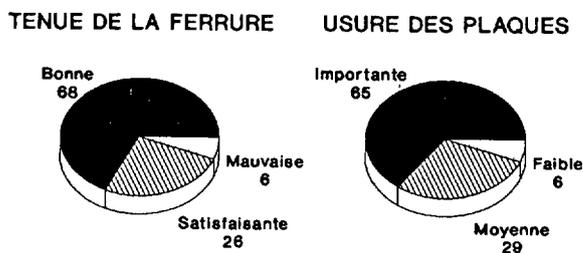
ESSAIS DES PLAQUES EQUISOFT Brochet, Benoit, Garde Républicaine et coll.

- ENVIRON 80 FERRURES
Acier, aluminium, polymère
Fers cloués ou collés
Fer en oeuf, fer en coeur
- DISCIPLINES
Jumping, dressage, CCE
Trot
Endurance
Instruction, "routiers" de la GR
- CHEVAUX
SF 75 %, AA 15 %, Autres 10 %
Grand format 39 %, Moyen 54 %, Petit 7 %



Encadré 1 : Essais des plaques EQUISOFT sur le terrain

OBSERVATIONS AU DEFERRAGE jugement du maréchal



AMELIORATION CLINIQUE jugement du vétérinaire et du cavalier

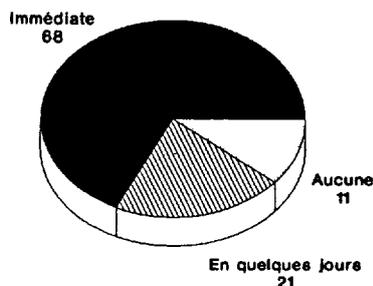


Figure 6 : Résultats observés chez les chevaux ayant porté une ferrure orthopédique avec une plaque EQUISOFT.

L'amélioration du confort locomoteur a été jugée par le maréchal ou le vétérinaire sur les chevaux qui présentaient un problème orthopédique plus ou moins grave : depuis la sensibilité diffuse de la sole jusqu'au pied fourbu chronique. Dans la grande majorité des cas, l'association d'un bon parage, d'un fer orthopédique adapté et de la plaque a permis d'observer une amélioration clinique nette soit immédiatement, soit en quelques jours (Figure 6). Ces bons résultats s'expliquent par la bonne indication de pose d'une ferrure amortissante, la bonne technique des maréchaux et l'efficacité de la plaque. L'expérience acquise au cours de ces essais sur des chevaux de tous les niveaux et de plusieurs disciplines hippiques conduit à préciser les indications de pose.

QUAND FAUT-IL EMPLOYER UNE FERRURE AMORTISSANTE ?

La prévention des boiteries d'usure

Tout cheval qui est amené à se déplacer et à sauter sur un sol peu confortable a tout intérêt à porter une ferrure amortissante efficace adaptée à son cas.

SOL DUR x VITESSE = RISQUE

Les chevaux de courses qui se déplacent vite sur des pistes pas toujours souples sont exposés aux risques d'atteinte articulaire par les vibrations. En particulier, les chevaux Trotteurs courent sur des pistes environ 4 fois plus dures qu'un sable d'une carrière confortable. Les pieds sensibles des chevaux Pur-Sang pourront aussi bénéficier de l'amortissement et de la protection de la sole procurée par la plaque.

SOL DUR x SAUTS = RISQUE

La maladie naviculaire ou maladie professionnelle du cheval de jumping est l'un des meilleurs exemples de boiterie d'usure provoquée par les vibrations. Les chocs encaissés par les pieds au moment de l'appel (la frappe du sol par les antérieurs) et de la réception sont intenses et sont exacerbés par les sols trop durs et la hauteur du saut. Les essais de terrain ont largement démontré l'intérêt de poser des plaques sur des chevaux de haut niveau surmenés par les programmes de compétitions internationales très chargés.

SOL DUR x TRAVAIL LONG = RISQUE

En course d'endurance, les chevaux évoluent sur des terrains difficiles à des allures allongées pendant plusieurs heures. L'appareil locomoteur est donc très sollicité et les pieds sont bien entendu les plus exposés aux traumatismes. Pour préserver l'intégrité des membres, la ferrure doit concilier les propriétés suivantes : légèreté, protection et amortissement. Une bonne ferrure amortissante sera un atout supplémentaire pour passer les contrôles vétérinaires surtout dans les courses réputées difficiles. Là encore, les essais de terrain ont été probants sur des sols durs et accidentés où l'amortissement et la protection de la sole se sont avérés indispensables pour achever la course dans de bonnes conditions. Par contre la tenue de la ferrure pendant une course d'endurance n'est pas toujours assurée et nécessite des astuces de montage : coller à la colle Néoprène la plaque *EQUISOFT* sur une plaque de protection rigide de 3 mm d'épaisseur et placer le côté *EQUISOFT* contre le fer.

Utilisation en orthopédie

Trois principes de base doivent servir à établir l'indication de pose de la plaque en association avec un fer orthopédique approprié :

1 - *l'amélioration de la fonction amortissante du pied*

2 - *la réduction des surcharges articulaires en début d'appui*

3 - *la réduction de la résonance du fer*

Lors des essais, une amélioration clinique notable a été observée dans les cas traités suivants :

- maladie naviculaire ou syndrome douloureux postérieur du pied
- "ostéite" de la troisième phalange
- dégénérescence articulaire des articulations basses
- pied fourbu en convalescence
- sensibilité diffuse de la sole
- seimes et bleimes

D'autres indications pourraient être :

- fracture de fatigue du métacarpe
- tendinites d'insertion
- ferrure de repos pour la rééducation après une chirurgie articulaire ou une ostéo-synthèse.

Contre-indications :

L'usage des plaques a montré certaines contre-indications de pose :

- pied encastelé
- cheval au pré
- remplissage de la sole avec une pâte au silicone

Dans ces cas particuliers il y a des risques de déferrage.

UNE PLAQUE DE CONCEPTION NOUVELLE POUR PROTEGER LES MEMBRES DU CHEVAL

L'étude détaillée des sollicitations mécaniques encaissées par les sabots d'un cheval est une approche nouvelle pour mieux comprendre l'apparition des affections orthopédiques. La mesure des chocs et des vibrations intervenant au niveau du sabot a permis de concevoir une plaque de maréchalerie capable d'amortir l'impact et de minimiser la résonance du fer. Cette plaque fine en caoutchouc synthétique absorbe l'énergie du choc néfaste pour les membres et la transforme en chaleur inoffensive. De plus, elle joue un rôle protecteur de la sole. Elle se travaille comme une plaque en cuir et peut être posée avec la plupart des fers. Son utilisation préventive en période de compétition est un bon atout pour combattre l'usure prématurée de l'appareil locomoteur des chevaux de sports et de courses. En orthopédie, une bonne technique de maréchalerie bénéficiera de l'amélioration du confort procurée par cette plaque amortissante.

Pour en savoir plus :

- Barrey E. 1991 a, Analyse des sollicitations mécaniques du pied du cheval en mouvement, *Equathlon* vol.3, 10, 11-13.
Barrey E. 1991 b, A la recherche d'une ferrure plus confortable, *Informaréchalerie* Vol.2, 4, 12-18.