

LE PIED DU CHEVAL DE CONCOURS HIPPIQUE

BARREY E., BENOIT P.

INRA, SGQA-Unité cheval, 78352 Jouy-en-Josas.

ENVA, Département des Carnivores et Equidés, 94704 Maisons-Alfort.

Le pied du cheval de concours hippique est un organe exposé à toutes sortes d'affections d'origine traumatique ou métabolique. Les plus courantes sont directement en rapport avec les forces mécaniques produites à l'appel et à la réception des sauts. L'intérêt de la prévention de ces pathologies est aujourd'hui évident tant pour des raisons éthiques qu'économiques. Les progrès en matière de maréchalerie et de sols équestres rendent désormais la prévention possible et efficace. Comment peut-on l'appliquer dans la pratique ?

A QUELLES FORCES LE PIED DU CHEVAL DE CONCOURS HIPPIQUE EST-IL SOUMIS ?

Quelques éléments de biomécanique éclairent les causes des maladies du pied, leur traitement et leur prévention. Donnons tout d'abord une brève analyse des mécanismes intervenant lors des allures sur le plat.

Au cours de la phase d'appui d'un membre, le pied assure successivement trois fonctions : l'amortissement, le soutien et la propulsion. La fonction d'amortissement comprend d'abord l'absorption passive du choc et des vibrations lorsque le pied heurte le sol, puis le contrôle actif de la mise en charge du membre sur lequel repose une partie

du poids. La phase d'amortissement s'achève lorsque le membre est vertical. Elle est relayée par la phase de propulsion pendant laquelle le pied pousse vers l'arrière (force horizontale) pour propulser le corps en avant. La fonction de soutien est assurée tout au long de l'appui par l'action de forces verticales exercées par le pied sur le sol.

Les forces d'appui du pied sur le sol

Les forces d'appui qui existent entre le sabot et le sol ont des grandeurs et des orientations qui varient sans cesse dès l'instant où le cheval bouge. Toutefois en biomécanique de la locomotion, on distingue deux composantes fonctionnelles de la force

d'appui : la force passive et la force active.

Au moment de l'impact du sabot sur le sol, on enregistre des pics de forces de grande amplitude (1 à 2 fois le poids du cheval) suivies par des vibrations qui s'atténuent en quelques centièmes de secondes. Ces phénomènes dynamiques de hautes fréquences sont largement influencés par la vitesse du cheval, la raideur de la piste et la nature de la ferrure. La brièveté du choc (1 à 30 ms suivant la raideur du sol) implique un amortissement passif de la part du membre qui encaisse la secousse sans contrôle neuromusculaire. Cette première composante de l'appui est appelée "*force passive*" puisqu'elle est subie passivement par le sabot.

Tableau 1 : Comparaison des effets pathogènes de la force passive et de la force active.

<u>SOLLICITATIONS</u>	<u>VARIATIONS</u>	<u>EFFETS PATHOGENES</u>
FORCE PASSIVE Choc début d'appui Force vibrante Haute fréquence 0 à 4 fois poids	Allure Vitesse du pied Masse du doigt Ferrure Dureté du sol	Lésions dégénérative Evolution chronique Artériosclérose Thrombose, ischémie Arthrose Périostite Fracture de fatigue Tendinite insertion
FORCE ACTIVE Durée de l'appui Evolution progressive Basse fréquence 0,7 à 2,5 fois poids	Allure Masse du cheval Dureté du sol	Surcharge néfaste Evolution aiguë Fracture Souris articulaire Tendinite

Ainsi à chaque impact, cette force produit une onde vibratoire qui se propage du sabot vers le haut du membre par l'intermédiaire du squelette. La corne et les articulations basses jouent le rôle de filtre et atténuent la propagation de cette onde de choc qui a un pouvoir destructeur sur les tissus.

Après l'apparition de la force passive, les efforts musculaires assurent l'amortissement, le soutien et la propulsion du corps. Au niveau du sabot, ces efforts se traduisent par une seconde composante que l'on appelle "force active". Contrairement à la force passive, elle évolue plus lentement jusqu'à un maximum (au pas environ 0,7 fois le poids du corps, au trot 1 à 1,5 fois le poids du corps et au galop 1,5 à 2 fois le poids du corps) puis elle décroît jusqu'au moment où le pied quitte le sol.

Les surcharges occasionnées par la force passive ou la force active peuvent avoir des effets pathogènes bien distincts (Tableau I). La force passive est toujours néfaste si elle est intense et répétitive. Ses effets apparaissent lentement par accumulation des chocs sur un sol dur. En détériorant progressivement les innervations capillaires et les tissus durs exposés aux vibrations de hautes fréquences, elle provoque des dégénérescences telles que l'arthrose ou certaines tendinites d'insertion. La force active n'est néfaste qu'en cas de surcharge amenant ainsi les tissus à la limite de la rupture. Ses effets sont traumatiques et apparaissent brutalement sous la forme d'une fracture phalangienne ou d'une tendinite aiguë du fléchisseur superficiel.

LA DYNAMIQUE DU SAUT MULTIPLIE LES FORCES D'APPUI

Dans le cas du saut, les forces d'appui des sabots sur le sol sont amplement modifiées par rapport au galop sur le plat. En effet, dans la dernière foulée avant l'appel, le cheval monte d'abord son avant-main pour descendre ensuite frapper le sol avec ses antérieurs. Il en résulte un rebond élastique qui permet à l'avant-main de s'élever. Pour être efficace, la frappe

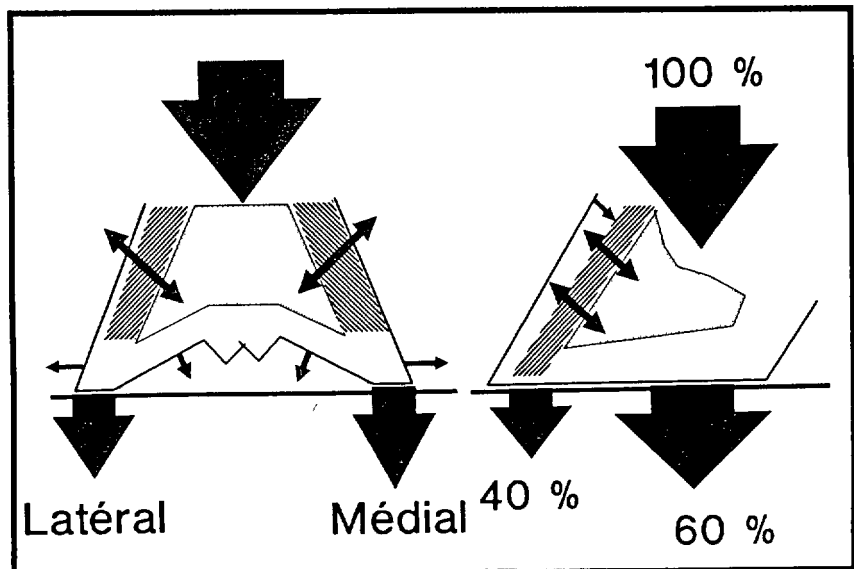


Figure 1 : Répartition des forces d'appui sur les parties externes du sabot (grosses flèches) et déformations de celui-ci (petites flèches).

des antérieurs nécessite que les muscles soient pré-contractés avant le contact avec le sol. Les postérieurs développent aussi une force d'appui supplémentaire, surtout dans le sens horizontal, pour propulser le corps en avant. Ainsi, la prise d'appel provoque une surcharge passagère due essentiellement à la force active qui atteint, pour chaque antérieur, 2 à 2,4 fois le poids du corps.

A la réception, le problème est différent puisqu'il va falloir amortir la chute verticale. Tout d'abord, le contact brutal des sabots antérieurs avec le sol provoque une exacerbation de la force passive qui atteint instantanément des valeurs plus ou moins élevées en fonction de la raideur du sol et de la ferrure (2 à 4 fois le poids du corps pendant quelques millisecondes). Ensuite, les antérieurs puis les postérieurs amortissent la chute verticale du corps en développant une force active de l'ordre de 2 à 3 fois le poids du corps.

Sur quelles parties externes du sabot portent les efforts ?

La répartition des forces d'appui sur la face solaire du sabot n'est uniforme ni dans le temps ni dans l'espace (Figure 1). Les bords distaux de la paroi du sabot qui reposent sur le fer supportent la majorité des efforts, la fourchette et la sole n'assurant qu'une faible part de cette fonction même sur un sol meuble. Ainsi, dès l'impact du

pied sur le sol, les talons et les quartiers sont davantage chargés (60%) que les mamelles et la pince. Quand on retire un fer, l'usure plus prononcée du métal en talons illustre bien ce phénomène biomécanique. La corne saine amortit bien les chocs et la souplesse du sabot l'aide à supporter la charge du corps en se déformant. L'écartement des talons d'environ 5 millimètres (sur un sol dur au trot ou au galop) à chaque appui par ouverture des lacunes et descente de la fourchette est un mouvement naturel du sabot qu'il faut à tout prix préserver lors du parage.

Que se passe-t-il à l'intérieur du sabot ?

A l'intérieur du sabot, la 3ème phalange est suspendue à la paroi par un solide engrènement des lamelles des tissus podophylleux (derme) et kéraphylleux (épiderme corné). Ce système offre une grande surface d'adhérence entre la paroi du sabot et la troisième phalange alors que les dimensions de la paroi sont réduites.

La 3ème phalange est soumise à trois forces principales :

- la force de contact avec la seconde phalange ;
- les forces de contact avec le sol, transmises par l'intermédiaire de la paroi et de la sole ;
- la tension exercée par le tendon fléchisseur profond du doigt inséré sur la face solaire de la 3ème phalange (Figure 2).

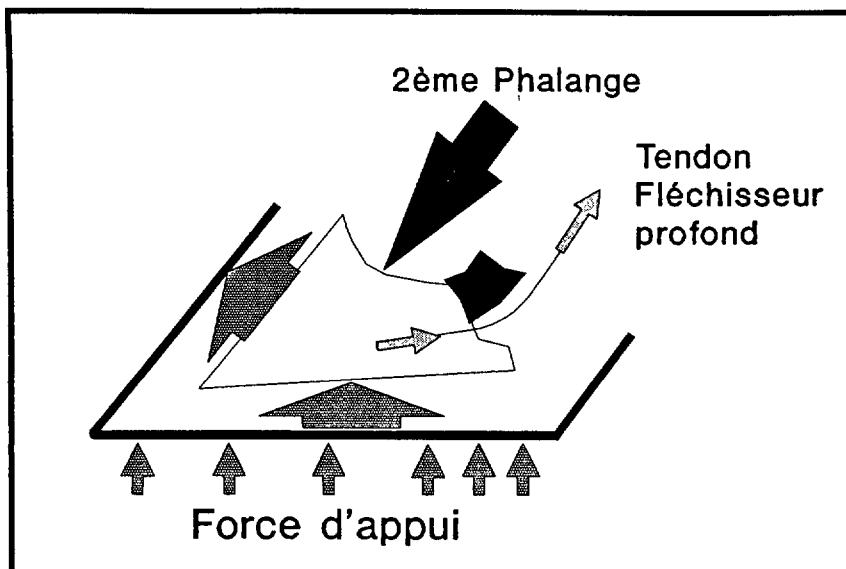


Figure 2 : 3 catégories de forces appliquées à la 3ème phalange : la force d'appui au sol transmise par la sole et la paroi, la force de tension du fléchisseur profond du doigt et la force de contact avec la 2ème phalange.

Quand l'aplomb est bon et que les tissus sont sains, ces trois forces sont en équilibre dynamique. A l'inverse, si l'une d'elles devient trop faible ou trop élevée par rapport aux deux autres, l'équilibre dynamique est rompu et on entre dans un processus pathologique.

PASSAGE DU FONCTIONNEMENT BIOMECHANIQUE NORMAL A UN ETAT PATHOLOGIQUE DU PIED

Une maladie métabolique : la fourbure

Dans le cas de la fourbure, la force de liaison entre la paroi et la troisième phalange est considérablement affaiblie devant la force de tension du fléchisseur profond qui entraîne ainsi le basculement de la phalange. La rupture des adhérences dermo-épidermales est responsable d'un affaiblissement de la liaison entre la phalange et la paroi. Elle fait suite à des désordres vasculaires au niveau du tissu podophylleux. Ces désordres ont eux-mêmes des origines multiples telles que des déséquilibres alimentaires (excès de céréales, excès d'azote), une infection ou un grave état de déshydratation.

La prévention chez le cheval de CSO consiste à bien maîtriser le rationnement alimentaire en évitant d'apporter de trop grandes quantités de

céréales à un cheval qui travaille peu. Le pâturage des chevaux déjà bien alimentés par des concentrés devra être limité en période de pousse de l'herbe, par crainte des excès d'azote soluble qui provoquent la fabrication de toxines par une flore digestive déséquilibrée.

Un défaut d'aplomb fréquent : le pied trop long en pince

Des intervalles de ferrures de plus de 6 semaines amènent progressivement le pied à se déformer : la pince s'allonge et les talons s'affaissent surtout sur les antérieurs. Les chevaux laissés au pré sans parage régulier prennent également cette con-

formation de sabot. Dans ce cas, la tension du fléchisseur profond augmente exagérément en fin d'appui pour vaincre le levier que constitue la pince plantée dans le sol. Si le cheval travaille trop intensément dans ces conditions, le tendon fléchisseur profond et sa poulie de renvoi que constitue l'os naviculaire peuvent être atteints de lésions.

La maladie professionnelle du cheval de CSO : la maladie naviculaire.

Il est clairement démontré en médecine du travail comme en médecine sportive humaine que l'exposition prolongée des tissus vivants à des chocs et des vibrations de haute fréquence provoque un enchaînement de troubles qui touchent d'abord les terminaisons nerveuses, ensuite les vaisseaux sanguins et les tissus qu'ils irriguent, puis parallèlement le cartilage et l'os. Ces troubles pathologiques conduisent notamment à une dégénérescence articulaire caractéristique de l'arthrose (Tableau II). Ces observations cliniques ont aussi été confirmées par une étude chez le lapin, qui montrait qu'une exposition quotidienne des membres à une succession de chocs provoquait des lésions analogues en moins de 6 semaines.

Les vétérinaires équins sont aussi confrontés à des pathologies orthopédiques d'origine vibratoire. En particulier, le cheval de concours hippique

Tableau II : Pathologie comparée de l'exposition aux chocs et aux vibrations.

CHEZ L'HOMME	CHEZ LE CHEVAL
<p>Manipulation d'outils vibrant syndrome des vibrations maladie des mains blanches troubles sensoriels arthrose poignet et coude géodes os sous-chondral</p>	<p>Exercice de vitesse et de saut avec un mauvais confort Articulations distales Evolution chronique</p>
<p>Pratique sportive intensive : course, tennis, golf, dance arthrose fracture de fatigue tendinite d'insertion tennis elbow</p>	<p>détérioration cartilage arthrose géodes os sous-chondral fracture de fatigue tendinite d'insertion</p>
	<p>Maladie naviculaire Athrose 2-3 phalangienne Tassement tarsien</p>

Encadré 1 : Origine biomécanique de la maladie naviculaire

Les résultats de mesure de chocs et de vibrations au niveau du sabot montrent que ces sollicitations peuvent être dangereuses pour les tissus vivants sur des sols durs et avec des fers non amortissants. De plus, des études d'histologie fine de la vascularisation de l'os naviculaire ont révélé des lésions analogues à celles qui sont observées sur les membres des ouvriers atteints de pathologies ostéo-articulaires d'origine vibratoire (manipulation d'outils vibrants). Enfin, les traite-

ments vasculaires (vasodilatateurs, anti-coagulants) de la maladie naviculaire ont une certaine efficacité sur les stades précoces. Ces convergences de faits nous amènent à proposer une hypothèse biomécanique de l'origine primaire de la maladie naviculaire.

L'os naviculaire (ou petit sésamoïde) est en contact, sur sa face dorsale, avec l'articulation 2-3 phalangienne et, sur sa face palmaire, avec le tendon fléchisseur profond. Cet os est lié par un ligament distal à la troisième phalange et par deux ligaments suspenseurs à la deuxième phalange. Sa petite taille et cette situation anatomique très particulière le rendent vulnérable aux vibrations et aux forces de compression (Figure 4).

Dans la phase d'extension du doigt comme lors de la réception du saut, le tendon fléchisseur profond est relâché et permet ainsi à l'os naviculaire d'effectuer des micro-déplacements dorso-palmaires. Dès le choc du sabot sur le sol, le système naviculaire vibre comme une masselotte suspendue en-

quelques millisecondes l'innervation et la vascularisation de l'os naviculaire qui cheminent le long des ligaments subissent les méfaits des vibrations.

Peu à peu, l'accumulation des vibrations provoque une dégénérescence des terminaisons nerveuses, des vaisseaux artériels et des capillaires. Les parois

artérielles sont à leur tour lésées (artériosclérose), leur diamètre rétrécit et l'irrigation se fait moins bien. Certaines zones du tissu osseux naviculaire sont alors mal irriguées et subissent davantage de dégradation (ostéolyse) que de reconstruction (ostéogénèse). Les modifications de la structure osseuse (géodes, remaniements et fibrose), visibles à la radio-

graphie, interviennent à ce stade. Parallèlement, le cartilage subit directement les effets dégradants des vibrations qui induisent un état articulaire inflammatoire.

En fin d'appui, la forte tension du fléchisseur profond écrase le naviculaire contre la surface articulaire de la deuxième phalange ce qui accentue les contraintes sur cet os et stimule par la même occasion les remaniements osseux. La structure de l'os évolue donc constamment pour répondre aux sollicitations mécaniques auxquelles il est exposé

mais la déficience vasculaire entrave son adaptation.

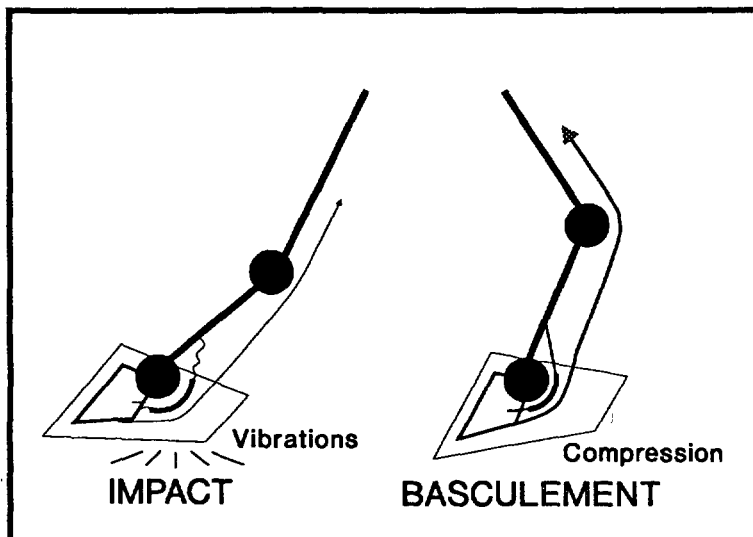


Figure 4 : Causes biomécaniques primaires de la maladie naviculaire.



Radiographie de l'os naviculaire (vue de profil).

tre trois élastiques jusqu'à ce que le tendon fléchisseur profond du doigt reprenne une forte tension qui plaque le naviculaire contre l'articulation 2-3 phalangienne. Pendant ces

La prévention des boiteries de pied

Tableau III : Comparaison de différents produits de maréchalerie destinés à améliorer le confort de la ferrure.

NOM COMMERCIAL	DESCRIPTION	POIDS (g) EPAISSEUR (mm)	EFFETS	INDICATIONS CONTRE-INDICATION	FABRIQUANT	PRIX F H.T.	RAPPORT qualité/prix
Fers modernes							
Springtop	Alliage aluminium	235 15	Léger, protège et sollicite la sole Antidérapant sur bitume	Syndrome douloureux post. du pied Facilite le basculement Chevaux de sport, trotteurs Instabilité latérale sur cailloux	SPRINGTOP La mère herbe 76220 LA FEUILLE	25	+++
Easy-glu	Alu enrobé de polyuréthane languettes collage	215 17,3	Léger, amortissant Parois non contraantes Blocage sur bitume	S.D.P.P., arthrose Attention corne trop tendre Collage trop fragile pour	MUSTAD S.A. 2 rue de l'Industrie CH-1630 BULLE	350 la paire	++
Nail-on	idem easy-glu étampures	255 19,2	idem	idem mais fixation plus solide Courses, CCE, CSO, extérieur	MUSTAD S.A.	250 la paire	+++
Sleipner-sport	Deux parties : support en acier inox semelle d'usure en polyuréthane	395 18,5	Très amortissant, antidérapant	S.D.P.P., arthrose, pied sensible Travail sur sol dur Fragile-> dressage, loisir	SLEIPNER-SPORT S.A. 75 Av Pasteur Le haillan 33160 ST MEDARD		+
Plaques amortissantes							
Equisoft	Polymère visco-élastique matériaux composites high tech	85 3	Très amortissant, atténue les chocs et les vibrations	Prévention et traitement S.D.P.P., arthrose Pied sensible CSO, CCE, Endurance, Courses trot, galop	Michel VAILLANT S.A. 3 Faubourg St-Nicolas BP 124 74302 CLUSES CEDEX	32	++++
Sorbothane	Polyuréthane cellules ouvertes fragiles	350 7	Amortissant au pas, élastique au trot et galop	Pied convalescent sensible Travail au pas Fragile-> utiliser support	SACEDI Sports Parc technologique du canal 31520 RAMONVILLE	50-75	++
Shocktamer	NC	90 4	Elastique, raide,	Protection sole sensible clapet amovible sur fourchette	EUROFER Voie de la Grange des Prés 60260 LAMORLAYE	48	+
Strider	NC	85 3,8	Elastique protection mécanique	Protection sole sensible Travail sur sol caillouteux	MUSTAD S.A.	55	+
Plaque bleu	NC	105 3	Elastique, protection mécanique	idem	EUROFER	15	++
Cuir	cuir chromé	65 6,5	Amortissant si épais mais dégradation rapide des propriétés mécaniques	Traitement S.D.P.P., arthrose Efficacité limitée aux chocs modérés		20-50	+++
Polymères moulés							
AMF+Fer acier	Polymérisation d'une résine par addition d'un catalyseur	180 0-3	Sollicite la sole Répartition des efforts sur toute la sole Interposition entre la paroi et fer possible	Prévention des traumatismes de la sole Travail sur sols durs et cailloux Attention sole plate Attention germes anaérobie	AMF Sarl Rue du Nord 43330 ST FERREOL D'AUROURE	250	++
AMF+Fer alu							

est fréquemment atteint d'une douleur de la région postérieure du pied qui peut avoir diverses localisations au sein du système naviculaire (Encadré 1). Cette pathologie touche les antérieurs et les principaux facteurs favorisants sont les mauvais aplombs, la dureté du sol et la fragilité héréditaire.

Chez un cheval peut-être plus sensible, la répétition des chocs intenses sur un sol trop dur va conduire

progressivement à un processus inflammatoire et/ou dégénératif douloureux. Les lésions observées sont d'ordre vasculaire, cartilagineux, tendineux (adhérences entre le cartilage et le tendon fléchisseur profond), et finalement osseux. Les radiographies de pied ne mettent en fait en évidence que ces dernières à un stade déjà avancé de la maladie.

Le cheval devient boiteux avec une amplitude de foulée réduite et généralement un poser en pince. Les prémices peuvent être plus subtiles : le cheval devient réticent à l'appel ; il ne frappe pas bien des antérieurs ; il se reçoit toujours sur le même pied. La prévention de cette pathologie fait appel à des règles simples de maréchalerie et d'utilisation des sols équestres.

La prévention des boiteries de pied

LES SOLUTIONS APORTEES PAR LA MARECHALERIE

Les ferrures de conception moderne fleurissent sur le marché probablement pour répondre à de nouvelles exigences en matière de confort locomoteur. A l'époque où les matériaux sont sans cesse à l'origine de progrès technologiques, le fer en acier apparaît très archaïque. Chez le cheval de concours hippique, il n'apporte aucun confort mais, au contraire, sa présence accentue la brutalité des chocs. Il est grand temps de mettre le cheval en baskets pour le faire courir et sauter.

Au cours de la phase d'appui, le pied interagit mécaniquement avec la ferrure et le sol. Le confort locomoteur du cheval résulte donc du produit de trois facteurs :

$$\text{CONFORT LOCOMOTEUR} = \text{SABOT} \times \text{FERRURE} \times \text{PISTE}$$

Le facteur **SABOT** regroupe plusieurs éléments qui sont l'aplomb, la forme de ses différentes parties et les propriétés mécaniques de la corne. La géométrie et les matériaux qui constituent la **FERRURE**, déterminent ses qualités orthopédiques. Enfin, la **PISTE** influence largement la locomotion du cheval à la fois par la composition de son revêtement, son humidité et son dessin.

Avant toute chose, respecter l'aplomb du pied

L'avalure en talon est moins rapide qu'en pince, ce qui modifie progressivement l'aplomb du pied en diminuant l'angle de l'axe paturon-paroi par rapport au plan d'appui. Ce phénomène se manifeste surtout sur les antérieurs qui, de plus, supportent une charge supérieure à celle des postérieurs. Un pied aux talons fuyants et à la pince longue subit des surcharges répétées dans la région postérieure, ce qui provoque à terme, une boiterie. L'emploi d'un compas angulaire est quelquefois utile pour suivre l'évolution de l'angle du pied d'une ferrure à l'autre. Pour les antérieurs des chevaux de selle, l'angle normal est compris entre 45° et 55° (49,4° +/- 2,9 pour n=38) ; pour les postérieurs il est en moyenne un peu supérieur à celui des antérieurs (50,4° +/- 2,6 pour n=38). Dans ces conditions, environ 63 % des forces d'appui sont supportées par les quartiers et les talons.

Le parage du sabot à intervalles réguliers de 5 semaines environ est donc vivement recommandé pour prévenir tout déséquilibre biomécanique. Le parage doit aboutir à un alignement de l'axe des phalanges, ce qui équivaut, chez le cheval sain, au parallélisme entre l'axe du paturon et celui de la paroi du sabot en pince. L'entretien de la structure talons-lacunes-four-

chette est également primordiale pour assurer les déformations du sabot utiles à l'amortissement.

L'entretien de la corne par un graissage régulier et une alimentation supplémentée en acides aminés soufrés (Méthionine et Cystéine), en vitamines B (Biotine, Acide Panthoténique), en minéraux et oligoéléments (Calcium et zinc) permet d'assurer une bonne kératogenèse. La biotine sera notamment distribuée à raison de 25-30 mg/j/cheval pendant une période d'au moins 6 mois pour obtenir une amélioration satisfaisante.

Pour sauter sur des pistes dures mettez le cheval en baskets

L'application d'une ferrure amortissante ou d'une ferrure orthopédique efficace constitue un atout primordial de la prévention et du traitement des pathologies du pied. Une ferrure amortissante est constituée d'un fer léger plutôt en alliage d'aluminium ou en polymère synthétique et comporte une plaque amortissante interposée entre le fer et la paroi. Une plaque en cuir chromé épais ou mieux en caoutchouc amortissant procurera la meilleure protection contre les effets détériorants des chocs et des vibrations. La finesse de ces plaques permet d'agir sélectivement sur le choc sans influencer le reste de l'appui. Ce type de ferrure est indiqué pour la préven-

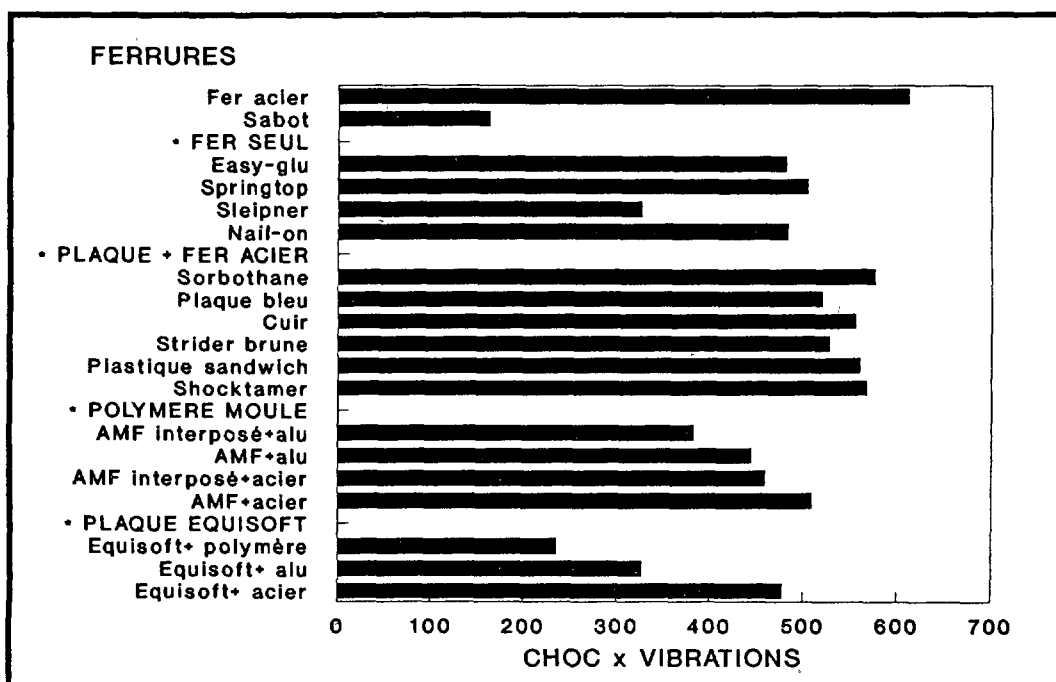


Figure 4 : Energie de choc et de vibration reçue par le sabot ferré de différentes manières. Le fer en acier est le moins amortissant et l'association de la plaque Equisoft et d'un fer Easy-glu est la plus amortissante.

tion des boiteries chez les chevaux de sport, la maladie naviculaire, l'ostéite de la 3ème phalange, l'arthrose des articulations phalangiennes et la sensibilité du pied. Le tableau III et la figure 4 comparent les différents produits qui ont été testés en mesurant les chocs reçus par le sabot ferré.

Le fer en oeuf pour les chevaux «naviculaires»

Le traitement orthopédique de la maladie naviculaire nécessite une ferrure qui soulage la région postérieure du pied. Le principe de ce fer ovale est d'augmenter la surface portante en arrière des talons et de la fourchette afin de diminuer les pressions qui s'exercent sur les talons et en région naviculaire au moment de l'impact. La pince sera relevée afin de faciliter le basculement du pied en fin d'appui tout en minimisant la compression de l'os naviculaire par le fléchisseur profond du doigt. L'arrondi postérieur du fer ne doit pas dépasser la verticale des glômes. L'adjonction d'une plaque amortissante augmente encore le confort procuré par cette ferrure.

En cas de besoin, un fer antérieur, sans pinçon, posé à l'envers (la pince du fer à l'aplomb des glômes) constitue une solution de remplacement qui donne aussi de bons résultats.

UN BON SOL A L'ENTRAINEMENT COMME EN COMPETITION : LA CLEF DE LA PREVENTION DES BOITERIES DE PIED DU CHEVAL DE CSO

Un mauvais sol d'entraînement causera d'énormes problèmes orthopédiques dans une écurie. La dureté, l'irrégularité, la trop grande profondeur sont les principaux défauts rencontrés. Lors d'une installation nouvelle, il est recommandé d'investir dans une bonne carrière et ensuite de bien l'entretenir pour assurer une bonne santé orthopédique des chevaux. Une bonne piste aura les qualités suivantes :

- elle aura un rôle complémentaire de la ferrure pour l'amortissement de l'impact ;
- elle facilitera le fonctionnement normal des membres et, en particulier, elle ne s'opposera pas au basculement du pied en fin d'appui ;
- elle facilitera la coordination des mouvements locomoteurs du cheval ;
- elle possédera des propriétés physiques et mécaniques stables dans le temps et sera homogène sur toute sa surface. Ces qualités devront rester aussi indépendantes que possible des conditions météorologiques et du piétinement.

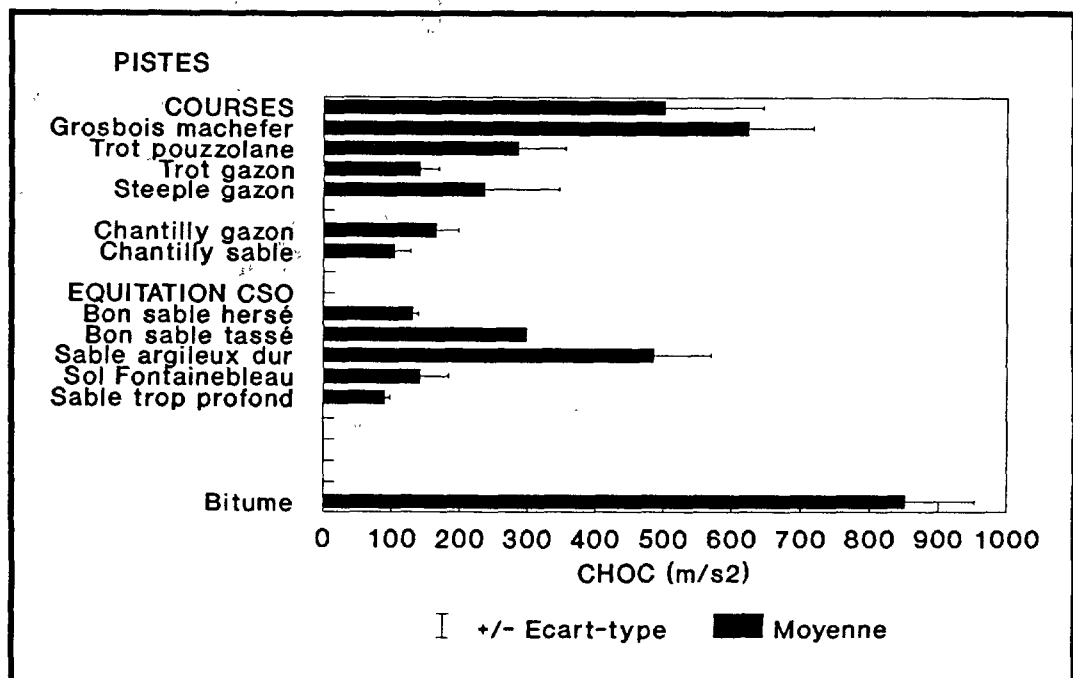
En concours hippique l'ensemble de ces qualités va dépendre de trois facteurs propres au sol : la composition, la structure et l'entretien du sol hippique.

Comment maîtriser les qualités mécaniques d'une piste hippique

La nature et la structure des matériaux qui constituent la surface du sol vont déterminer les qualités mécaniques d'amortissement et de raideur de la piste (Figure 5). Les premiers centimètres de la surface déterminent la capacité d'amortir l'impact des sabots ; les couches inférieures sont ensuite sollicitées et répondent plus ou moins énergiquement à l'appui des membres. Il y a donc toujours un compromis à trouver entre l'amortissement et l'élasticité. Autrement dit, il faut trouver un juste équilibre entre le confort et la performance que procurent un sol hippique. Il faut également noter que chaque discipline hippique nécessite des qualités particulières de sol car les mécanismes locomoteurs sont différents.

Les sols en sable, constitués de particules minérales de faible granulométrie, amortissent l'impact du sabot par les frottements entre les particules. Il s'agit d'un amortissement mou sans effet de rebond, ce qui est efficace pour minimiser les chocs mais

Figure 5 : Comparaison de l'amortissement procuré par plusieurs qualités de sol. Les pistes ont été testées au moyen d'un sabot artificiel équipé d'un capteur de choc. Cet appareillage vient percuter le sol à une vitesse équivalente à celle du pied d'un cheval au galop. A titre de référence, le même test a été effectué sur le bitume.



défavorable pour une locomotion rapide du cheval. La dureté du sol dépend alors de son humidité.

Prenons l'exemple des larges plages de sable, à marée basse. La zone située près de la mer est très humide ; les particules de sable sont séparées les unes des autres par de l'eau, si bien que l'amortissement est très mou (visqueux). Sur le haut de la plage, là où le sable est sec, les grains de sable glissent facilement les uns par rapport aux autres sous l'effet d'une pression, l'amortissement par frottement est maximal. Entre ces deux zones de la plage, on trouve une bande où l'humidité interstitielle du sol est telle que les particules de sable sont toutes recouvertes d'une mince couche d'eau. Cette pellicule d'eau joue le rôle d'une glu qui maintient la cohésion entre les éléments du sol grâce à la tension superficielle. Il en résulte une augmentation de la cohésion et de la raideur du sol qui atteint alors sa portance maximale. Cet exemple, pris

dans la nature, démontre bien l'influence de l'humidité sur les caractéristiques mécaniques d'une piste en sable.

Quelle est l'humidité optimale d'un sable ?

La proportion d'eau nécessaire pour obtenir la compacité maximale du sable dépend de sa granulométrie et de sa composition chimique. A qualités mécaniques égales, les sables fins absorbent plus d'eau que les sables grossiers ; les sables argileux supportent moins bien les fortes humidités que les sables siliceux. Ainsi, pour chaque type de sable, il existe une humidité optimale située entre 6 et 14 % suivant les cas. Sur un sol correctement drainé, l'arrosage permet donc de maîtriser les propriétés mécaniques. Les sables siliceux sont préférables aux sables argileux qui font de la boue et forment progressivement une couche très dure sous la surface.

Les sols constitués de fibres en bois ou de cuir s'avèrent très amortissants et peu élastiques. Par contre, les sols naturels riches en racines végétales sont moins amortissants mais plus élastiques et permettent en général de bonnes performances.

Il ressort clairement qu'un sol approprié, constitué de sable, de matériaux organiques ou synthétiques peut amortir les chocs les plus violents. La piste peut présenter une capacité d'amortissement bien supérieure à celle de la ferrure car les déformations de cette dernière restent très limitées en amplitude comparativement à l'enfoncement du pied dans la surface du sol. Nos études ont montré l'antagonisme qui existe entre la capacité d'amortissement d'un sol et la performance maximale (vitesse, saut) qu'il autorise. Il faut donc trouver des compromis confort-performance différents pour la piste d'entraînement utilisée quotidiennement et celle de compétition.

UNE NOUVEAUTÉ
MICHEL VAILLANT

Fournisseur MARÉCHALERIE



MALETTE DE MARÉCHALERIE VÉTÉRINAIRE

Malette d'outillage
maréchalerie spécialement
étudiée pour le vétérinaire.
Outillage de très haute qualité.

Contient : 1 râpe, 1 manche démontable, 1 renette extra-fine,
1 affiloir Diamant, 1 rogne-pieds, 1 mailloche nylon, 1 tricoise
à déferrier, 1 pince arrache-clous, 1 dérivoir.

Dimensions : 350 x 260 x 90 mm.
Poids : 4 kg.

	H.T.	T.T.C.
RÉF. MV TO VETO	1620,00	1921,32

BON DE COMMANDE

A RETOURNER A MICHEL VAILLANT B.P. N°124 F.74302 CLUSES CEDEX TÉL. 50.98.63.80

NOM _____

ADRESSE _____

_____ TÉL. _____

CODE POSTAL _____ VILLE _____

Veuillez me faire parvenir une documentation

Ci-joint un chèque pour commande