

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 010

***DESCRIPTION DES FERS ORTHOPÉDIQUES ANCIENS DU MUSÉE DE
VETAGRO SUP ET COMPARAISON AVEC LES FERS
ORTHOPÉDIQUES MODERNES***

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 23 juin 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

CLEMENT Méline

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 010

DESCRIPTION DES FERS ORTHOPÉDIQUES ANCIENS DU MUSÉE DE VETAGRO SUP ET COMPARAISON AVEC LES FERS ORTHOPÉDIQUES MODERNES

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 23 juin 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

CLEMENT Méline

Liste des enseignants du Campus vétérinaire de Lyon (26-01-2022)

Mme	ABITBOL	Marie	Professeur
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Mme	ARCIANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Mme	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Mme	BECKER	Claire	Maître de conférences
Mme	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	Professeur
M.	BERNY	Philippe	Professeur
Mme	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
M.	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
M.	BRUTO	Maxime	Maître de conférences Stagiaire
M.	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	Professeur
M.	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
M.	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
M.	CHABANNE	Luc	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
M.	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
M.	CHETOT	Thomas	Maître de conférences Stagiaire
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Mme	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Mme	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Mme	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
M.	GALIA	Wessam	Maître de conférences
M.	GILLET	Benoit	AERC
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
M.	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Mme	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Mme	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
M.	JUNOT	Stéphane	Professeur
M.	KODJO	Angeli	Professeur
Mme	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Mme	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	Professeur
Mme	LEBLOND	Agnès	Professeur
Mme	LEDoux	Dorothée	Maître de conférences
M.	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
M.	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	Professeur
M.	LURIER	Thibaut	Maître de conférences Stagiaire
M.	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences Stagiaire
M.	MARCHAL	Thierry	Professeur
Mme	MOSCA	Marion	Maître de conférences
M.	MOUNIER	Luc	Professeur
Mme	PEROZ	Carole	Maître de conférences
M.	PIN	Didier	Professeur
Mme	PONCE	Frédérique	Professeur
Mme	PORTIER	Karine	Professeur
Mme	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Mme	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Mme	REMY	Denise	Professeur
Mme	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
M.	ROGER	Thierry	Professeur
M.	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
M.	SCHRAMME	Michael	Professeur
Mme	SERGENTET	Delphine	Professeur
M.	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Mme	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
M.	VIGUIER	Eric	Professeur
Mme	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
M.	ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements Jury

Au professeur Gilles Rode,

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon.
Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Qu'il reçoive ici l'expression de ma gratitude et de mes hommages
respectueux.

Au Docteur Monika Gangl,

De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon.
Pour avoir accepté d'encadrer et de corriger ce travail.
Pour son soutien et sa bienveillance.
Qu'elle trouve ici l'expression de mes plus sincères remerciements et de ma
reconnaissance.

Au professeur Michael Schramme,

De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon.
Pour avoir accepté d'encadrer ce travail et de participer à notre jury de thèse.
Pour sa disponibilité et ses conseils,
Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Au professeur Thierry Roger,

De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon.
Qui nous a fait l'honneur de juger ce travail et de participer à notre jury de
thèse.
Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Table des matières

TABLE DES ANNEXES	13
TABLE DES FIGURES	15
LISTE DES ABREVIATIONS	17
INTRODUCTION	19
PREMIERE PARTIE : L'ART DE FERRER : GENERALITES ET HISTOIRE DE LA FERRURE ET DE LA MARECHALERIE	21
1. DESCRIPTION DU FER A CHEVAL ET VOCABULAIRE	21
a) Définitions et description des différentes parties du fer	21
b) Les clous	23
c) Différencier un fer antérieur d'un postérieur, et un fer droit ou gauche	24
2. L'ART DE FERRER	24
a) Matériaux et outils du parage et du ferrage	24
i. Matériaux	24
ii. Outils	24
b) Objectifs du parage et du ferrage	25
c) A la française ou à l'anglaise	26
d) Parage	26
e) Ferrage	28
3. ORIGINE ET EVOLUTION DE LA FERRURE	30
a) Histoire de la ferrure dans le monde	30
i. Période grecque et romaine (XVe au Ve siècle avant J-C)	30
ii. Période celtique (1100-25 avant J-C)	32
iii. Période gallo-romaine (IIe siècle avant J-C à 476 après J-C)	32
iv. Période médiévale (476 après J-C à 1492)	32
v. Période moderne (XVe au XVIIIe siècle)	33
vi. XIXe siècle	33
vii. XXe siècle	34
b) Zoom sur la ferrure des chevaux de travail à Paris au XVIII et XIXe siècle	34
4. HISTOIRE DE LA MARECHALERIE EN FRANCE	37
a) Les origines	37
b) Les prémices de l'enseignement du métier	37
c) L'apogée de la maréchalerie	38
d) La fin d'une profession	39
e) ...Et le commencement d'une autre : La maréchalerie de nos jours	39

DEUXIEME PARTIE : LES PRINCIPALES AFFECTIONS ORTHOPEDIQUES DU PIED DU CHEVAL....41

1. RAPPELS D'ANATOMIE DU PIED DU CHEVAL.....	41
a) Orientation.....	41
b) Structures externes : le sabot	41
i. La paroi	41
ii. La sole	43
iii. La fourchette.....	44
c) La membrane kératogène.....	45
d) Les structures internes.....	46
i. Os, cartilage et articulations	46
ii. Tendons et ligaments.....	47
iii. Vascularisation et innervation	51
2. NOTIONS DE BIOMECHANIQUE DU PIED.....	51
a) Les forces s'exerçant sur le pied lors de l'appui.....	52
b) L'amortissement et les déformations de la boîte cornée	52
c) Les contraintes ostéoarticulaires	53
d) Effet du fer à cheval sur la biomécanique du pied.....	54
3. LES PRINCIPALES AFFECTIONS ORTHOPEDIQUES DU PIED.....	57
1. Les anomalies d'aplombs	57
i. Les déviations dans le plan frontal.....	57
ii. Les déviations dans le plan sagittal.....	58
2. Les affections de la boîte cornée	60
i. La seime	60
ii. La fourmière.....	60
iii. L'abcès de pied.....	61
iv. La bleime.....	62
v. Le crapaud.....	62
vi. L'encastelure.....	63
vii. Le javart cartilagineux	64
3. Les affections des structures internes du pied	64
i. L'arthrose de l'articulation interphalangienne distale.....	64
ii. Le syndrome podotrochléaire.....	65
iii. La fourbure.....	66

TROISIEME PARTIE : COMPARAISON DES FERS ANCIENS DU MUSEE DE VETAGRO SUP AVEC LES FERS ACTUELS, ET DESCRIPTION DE LEURS INTERETS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPEDIQUE DES PRINCIPALES AFFECTIONS DU PIED DU CHEVAL.....69

1. MATERIEL ET METHODE.....	69
a) Sélection des catégories de fers à étudier	69
b) Sources d'informations	69
c) Réalisation des fiches.....	70

2. UTILISATION DES FICHES	71
CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE	75
ANNEXES	75

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fer à une éponge tronquée.....	79
Annexe 2 : Fer à deux éponges tronquées.....	81
Annexe 3 : Fer à ressort.....	83
Annexe 4 : Fer à plaque fixe.....	85
Annexe 5 : Fer à plaque mobile.....	88
Annexe 6 : Fer à planche.....	90
Annexe 7 : Fer à double planche.....	94
Annexe 8 : Fer asymétrique à une branche couverte.....	96
Annexe 9 : Fer à pince prolongée ou fer à la florentine.....	100
Annexe 10 : Fer à plaque prolongée en talons.....	102
Annexe 11 : Fer à une éponge couverte.....	105
Annexe 12 : Fer à oignons.....	107
Annexe 13 : Fer à éponges obliques.....	111
Annexe 14 : Fer à pinçons obliques	113
Annexe 15 : Fer couvert.....	115

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Face inférieure du sabot du cheval : description des différentes parties (Photographie : M.C.)	21
Figure 2 : Description des différentes parties du fer à cheval (Photographie : M.C.)	22
Figure 3 : Les dimensions du fer à cheval (Photographie : M.C.)	22
Figure 4 : Caractéristiques du fer à cheval et insertion du clou (LAUNOIS et al., 2012)	23
Figure 5 : Les parties du clou (D'après LAUNOIS et al., 2012)	23
Figure 6 : Position des étampures sur un fer antérieur gauche (vue inférieure) (ALLAROUSSE, 1924)	24
Figure 7 : Le maréchal et ses instruments (Photographie : M.C.)	25
Figure 8 : Parallélisme entre la surface dorsale du sabot et l'axe phalangien (Photographie : M.C.) ...	25
Figure 9 : Radiographie de pied latéro-médiale, montrant un axe phalangien brisé vers l'arrière, entraînant un report du centre de gravité vers l'arrière et une augmentation du poids sur les talons (D'après O'GRADY, 2008)	26
Figure 10 : Radiographie de pied, vue dorso-palmaire : positionnement dissymétrique de la troisième phalange lors d'une fourbure (D'après BELKNAP and GEOR, 2017)	27
Figure 11 : Mesures de la face solaire du pied. (O'GRADY, 2008).....	27
Figure 12 : Finition du parage à la râpe (photographie : M.C.)	28
Figure 13 : Ferrage à chaud (photographie : M.C.)	28
Figure 14 : Ajustement du fer à chaud sur l'enclume (photographie M.C.).....	29
Figure 15 : Brochage du fer sous le pied : mise en place des clous (photographie : M.C.).....	29
Figure 16 : Rivetage (photographie : M.C.)	30
Figure 17 : Sparteia (THARY, 1909)	31
Figure 18 : Solea ferrea (THARY, 1909)	31
Figure 19 : Hipposandale (A gauche : THARY, 1909, à droite : Collection du musée de Vetagro Sup, photographie : M.C)	31
Figure 20 : Fer celtique de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)	32
Figure 21 : Fer de l'époque médiévale de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)	33
Figure 22 : Fer à ressort de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)	33
Figure 23 : Fer à lunettes de Fiaschi (THARY, 1909).....	34
Figure 24 : Fer à croissants de Lafosse (THARY, 1909).....	35
Figure 25 : Fer Charlier de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.).....	35
Figure 26 : Fer Charlier : face inférieure à gauche et face supérieure à droite (THARY, 1909)	36
Figure 27 : Fer Poret (THARY, 1909).....	36
Figure 28 : Différents patins du XIXe siècle de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C)	37
Figure 29 : Positionnement dans l'espace (D'après BAXTER, 2020).....	41
Figure 30 : Le pied et sa membrane kératogène, vue latérale, boîte cornée retirée (D'après BARONE, 2010a).....	42
Figure 31 : Les différentes couches de la paroi du sabot (D'après BAXTER, 2020).....	43
Figure 32 : Vue dorso-médiale du sabot et visualisation de la sole (D'après BARONE, 2010a).....	44
Figure 33 : Description de la fourchette (Vue palmaire d'un sabot antérieur) (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017).....	45

Figure 34 : Vue palmaire du pied, boîte cornée retirée (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017).....	45
Figure 35 : Coupe sagittale du doigt du cheval (D'après BAXTER, 2020)	46
Figure 36 : Cartilage unguulaire (D'après DYCE and SINGH, 2017)	46
Figure 37 : Vue proximale de la phalange distale et de l'os sésamoïdien distal (BARONE, 2010b)	47
Figure 38 : Vue dorsale du doigt du cheval (BARONE, 2000)	48
Figure 39 : Terminaisons des tendons fléchisseurs du doigt du cheval (BARONE, 2000)	49
Figure 40 : Les ligaments du membre antérieur distal, vue latérale (Barone, 2000).....	50
Figure 41 : Les ligaments du membre antérieur distal, vue palmaire (Barone, 2000).....	50
Figure 42 : Vascularisation et innervation du doigt du cheval (vue médiale, membre antérieur) (D'après BARONE, 2012).....	51
Figure 43 : Influence de l'appui dissymétrique sur les mouvements de latéralité et de rotation axiale de l'articulation interphalangienne distale (D'après CHATEAU et al., 2007).....	54
Figure 44 : Pied bot (Photographie prise à Vetagro Sup)	55
Figure 45 : Tracé d'un triangle isocèle reliant le centre articulaire de l'articulation interphalangienne distale et les points de bascule antérieure et postérieure, vue latérale (Source : M.C.).....	55
Figure 46 : Tracé d'un triangle isocèle reliant le centre articulaire de l'articulation interphalangienne distale et les points de bascule antérieure et postérieure, vue dorsale (Source : M.C.)	56
Figure 47 : Sheared heels (D'après O'GRADY and CASTELIJNS, 2011)	56
Figure 48 : Déviations rotatoires du membre chez le cheval. (Photographies prises à Vetagro Sup) ..	57
Figure 49 : Axe phalangien (KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017).....	58
Figure 50 : Hyperlaxité tendineuse chez un poulain (D'après AUER et al., 2018).....	59
Figure 51 : Sabot présentant une pince longue et une faible épaisseur de corne en talons (Photographie prise à Vetagro Sup)	59
Figure 52 : Exemple de seime en quartier (flèche) (Photographie prise à Vetagro Sup)	60
Figure 53 : Vue plantaire d'un sabot atteint de fourmière (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017)	61
Figure 54 : Abscess de pied en pince avec visualisation de pus (Photographie prise à Vetagro Sup)	62
Figure 55 : Crapaud (Photographie prise à Vetagro Sup)	63
Figure 56 : Pied encastelé (Photographie prise à Vetagro Sup)	64
Figure 57 : Radiographie de pied (vue latéro-médiale) : Arthropathie interphalangienne distale (Cliché pris à Vetagro Sup)	65
Figure 58 : Exemple de lésion de l'os naviculaire : Vue dorsoproximale-palmarodistale oblique du pied (D'après BAXTER, 2022).....	66
Figure 59 : Posture caractéristique du cheval atteint de fourbure (Photographie : M.C.)	67
Figure 60 : Cliché radiographique (vue latéro-médiale) d'un pied fourbu : déplacement distal et rotation modérée de la troisième phalange (D'après BELKNAP and GEOR, 2017)	68
Figure 61 : Exemple de fiche de fer ancien : Le fer à plaque entalonnée	70
Figure 62 : Exemple de fiche : Le fer à plaque entalonnée actuel	71

LISTE DES ABREVIATIONS

AIPD : Articulation interphalangienne distale

IRM : Imagerie par résonance magnétique

LSB : Ligament suspenseur du boulet

TFPD : Tendon du muscle fléchisseur profond du doigt

TFSD : Tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt

INTRODUCTION

Le cheval est un animal qui, depuis tout temps, accompagne l'Homme dans ses activités et ses besoins. D'abord proie, puis domestiqué pour le travail, le transport et la guerre, et aujourd'hui animal de sport et de loisirs, son statut dans la société a évolué au cours de l'Histoire, mais son importance est restée la même. Sa santé reste au cœur des préoccupations humaines, et les connaissances et pratiques médicales pour soigner les chevaux n'ont eu de cesse de s'améliorer avec le temps et avec l'évolution de l'utilisation du cheval. En effet, les différentes activités qui lui sont demandées sollicitent ses os, muscles, tendons, ligaments et vont de pair avec des maladies locomotrices. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux affections orthopédiques des pieds du cheval. La santé du pied du cheval revêt une grande importance pour son utilisation, et les soigneurs, maréchaux, vétérinaires s'y attèlent depuis que le cheval est domestiqué. Le maréchal est l'allié indispensable du vétérinaire pour soigner les affections orthopédiques, avec toutes sortes de fers dont le panel disponible ne cesse de grandir et de s'améliorer.

Nous avons choisi de nous intéresser à la collection de fers à cheval du musée de Vetagro Sup. De nombreux fers y sont entreposés, non identifiés, de formes et d'âges différents. Cette étude se concentre sur les fers ayant une utilité dans le traitement orthopédique des principales affections du pied du cheval, au XXe siècle, et a pour objectif d'identifier leurs utilités de l'époque, puis de les comparer avec les fers orthopédiques actuels. Il a été choisi de réaliser des fiches explicatives pour chaque catégorie de fer, afin de pouvoir ensuite les exposer au musée.

Dans la première partie de notre étude, nous décrirons tout d'abord la nomenclature du fer à cheval, puis nous nous intéresserons à son histoire et à celle de la maréchalerie.

Dans la deuxième partie, après un rappel d'anatomie du pied du cheval et de notions de biomécanique, nous aborderons les principales affections orthopédiques du pied du cheval.

Enfin, dans la troisième partie, nous étudierons les fers à cheval orthopédiques anciens présents au musée de Vetagro Sup et les comparerons avec les fers disponibles actuellement.

Première partie : L'art de ferrer : Généralités et histoire de la ferrure et de la maréchalerie

1. Description du fer à cheval et vocabulaire

a) Définitions et description des différentes parties du fer

Le fer à cheval est une bande métallique incurvée sur elle-même et fixée sous le sabot du cheval pour le protéger contre l'usure, et, dans le cas des fers orthopédiques, corriger une affection locomotrice.

Il comporte plusieurs parties (figure 2), répondant au sabot du cheval (figure 1) :

- Les branches : Une branche interne située du côté médial du sabot, et une branche externe située du côté latéral.
- La pince : la partie antérieure du fer qui est appliquée en regard de la pince du sabot.
- Les mamelles : de part et d'autre de la pince, elles correspondent aux mamelles du sabot.
- Les quartiers : Parties postérieures aux mamelles, elles correspondent aux quartiers du sabot.
- Les éponges : extrémités des branches, correspondant aux talons du sabot.
- La partie inférieure du fer : en contact avec le sol.
- La partie supérieure du fer : en contact avec le sabot.
- Le pinçon : Appendice triangulaire levé aux dépens du fer, qui lui donne de la fixité sur le sabot.
- La rive : Bord des branches, on distingue rive interne et rive externe. La rive au niveau de la pince est appelée voûte.



Figure 1 : Face inférieure du sabot du cheval : description des différentes parties (Photographie : M.C.)

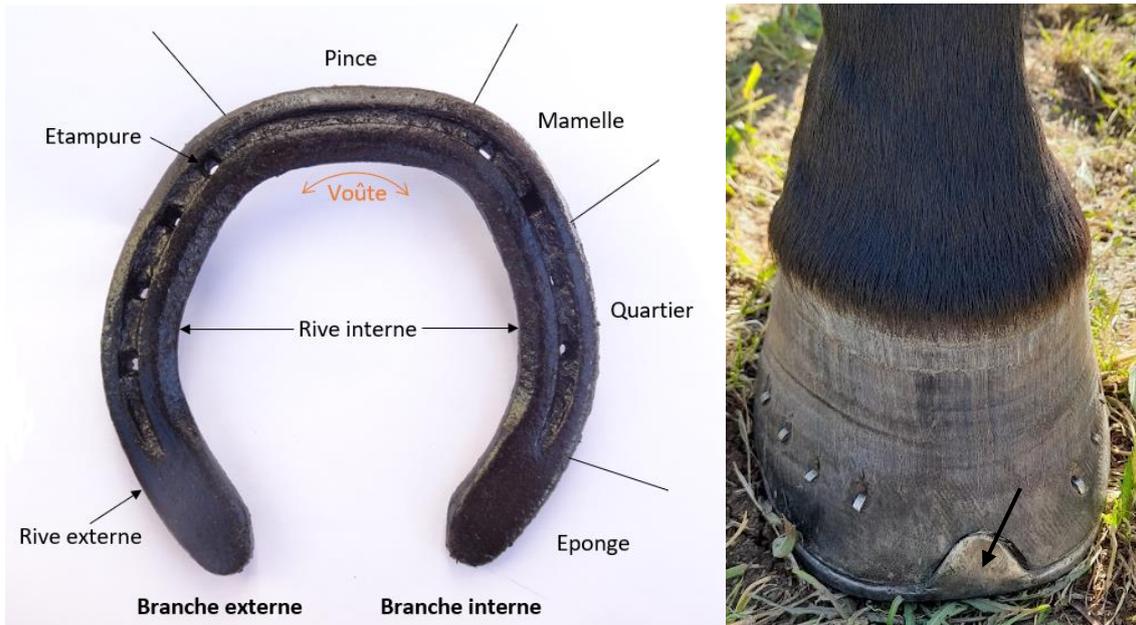


Figure 2 : Description des différentes parties du fer à cheval (Photographie : M.C.)
 À gauche : Les différentes parties du fer, vue inférieure, à droite : Pinçon (flèche)

Pour caractériser les dimensions d'un fer (figure 3), on utilise :

- La longueur : distance entre l'extrémité de la pince et la tangente aux deux éponges.
- La largeur : distance entre les deux points les plus éloignés des deux rives externes des branches.
- La couverture : distance séparant la rive externe de la rive interne d'une branche. Un fer dit « couvert » aura une couverture plus importante qu'un fer dit « dégagé », qui aura lui une faible couverture.
- L'épaisseur : distance entre la face inférieure et la face supérieure du fer.

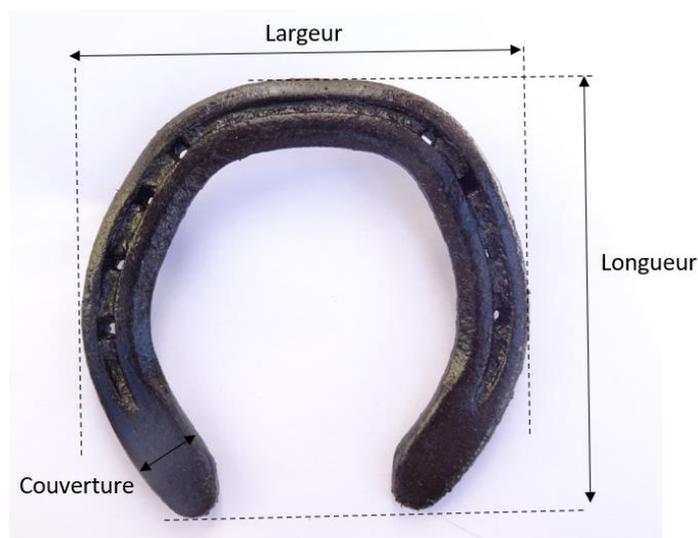


Figure 3 : Les dimensions du fer à cheval (Photographie : M.C.)

La tournure est la forme donnée au fer pour l'adapter aux contours du pied. L'ajusture (figure 4) est l'incurvation régulière de la face supérieure du fer permettant à celui-ci de ne pas appuyer contre la sole. La garniture (figure 4) est la partie du fer qui déborde de la paroi en partie externe. Elle permet d'élargir la surface d'appui au sol, de corriger les défauts d'aplomb, d'empêcher le sabot de déborder pendant sa croissance et d'avoir une plus longue durée de vie du fer.

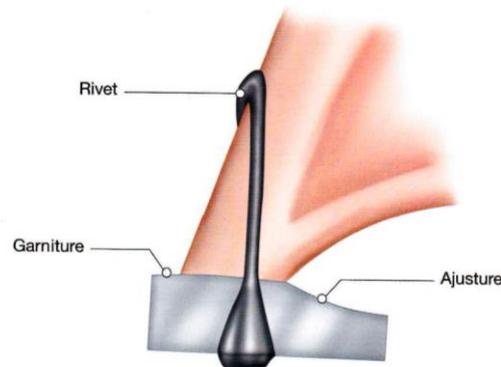


Figure 4 : Caractéristiques du fer à cheval et insertion du clou (LAUNOIS et al., 2012)

La pointure est le périmètre externe du fer. Le poids du fer varie entre 50 à 100g pour les fers en aluminium des chevaux de course et jusqu'à 1 voire 2kg pour les fers des chevaux de trait.

Les étampures (figure 2) sont les trous rectangulaires de la face inférieure du fer destinées à loger la tête des clous. Elles sont situées dans la moitié antérieure du fer pour un fer antérieur, et réparties plus caudalement pour un fer postérieur. Elles peuvent être placées au sein d'une rainure qui protège les têtes de clou et allège le fer, tout en donnant plus d'adhérence au sol. En face supérieure du fer, les petites ouvertures rectangulaires en regard des étampures sont appelées les contre-perçures et permettent le passage de la lame des clous (LAUNOIS et al., 2012; CAVE and GOUBAULT, 2019).

b) Les clous

Les clous sont divisés en cinq parties (figure 5) : la frappe, la tête, le collet, la lame et la pointe. La lame, pouvant être de longueur variable, possède à son extrémité distale une face droite et une face concave avec un relief appelé le grain d'orge, se continuant en un plan oblique, appelé l'affilure, jusqu'à la pointe du clou. Cette particularité permet de faire dévier le clou à l'extérieur de la paroi du sabot lors de la frappe, en plaçant le clou de façon que l'affilure soit dirigée vers l'intérieur du sabot. Puis la lame traverse la paroi via la contre-perçure et la tête vient s'insinuer dans l'étampure (LAUNOIS et al., 2012).

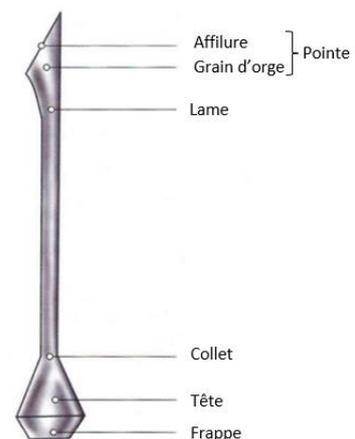


Figure 5 : Les parties du clou (D'après LAUNOIS et al., 2012)

c) Différencier un fer antérieur d'un postérieur, et un fer droit ou gauche

Le fer antérieur a une forme plus arrondie que le fer postérieur, la longueur et la largeur étant presque égales, et comporte généralement un seul pinçon en pince. Le fer postérieur, lui, a une forme plus ovale, avec souvent deux pinçons situés en mamelles.

Pour différencier un fer droit ou gauche, il faut observer les étampures et leurs places sur la branche du fer (figure 6). La branche externe du fer est plus arrondie avec des étampures situées davantage vers l'intérieur du pied : on dit qu'elles sont « percées à gras », c'est-à-dire que les étampures sont éloignées de la rive externe. Inversement pour la branche interne, elle est plus droite que la branche externe et les étampures sont plus proches de la rive externe : on dit qu'elles sont percées « à maigre » (ALLAROUSSE, 1924).

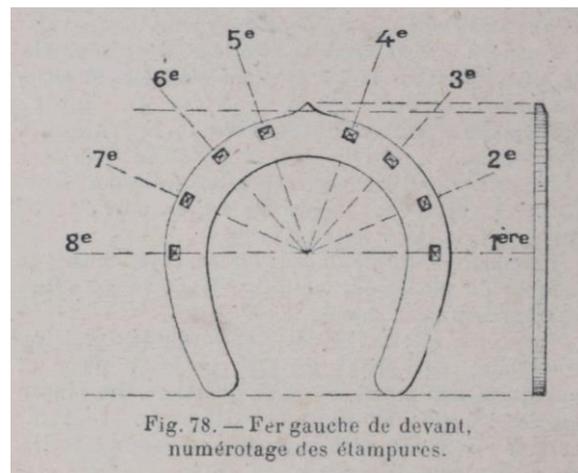


Figure 6 : Position des étampures sur un fer antérieur gauche (vue inférieure) (ALLAROUSSE, 1924)

2. L'art de ferrer

a) Matériaux et outils du parage et du ferrage

i. Matériaux

Différents matériaux peuvent être utilisés pour constituer un fer à cheval :

- L'acier : L'acier doux, plus tendre, est le plus utilisé. Il est plus résistant que le fer.
- L'aluminium : Plus léger, il est utilisé surtout pour les chevaux de course. Il est également plus fragile et plus cher.
- Le plastique, nylon, caoutchouc pour des prothèses ou des associations avec un métal (acier-plastique, aluminium-nylon...) (CAVE, Goubault and Pillon, 2013).

ii. Outils

Le maréchal ferrant utilise plusieurs outils pour parer le pied, fabriquer le fer et le fixer sous le sabot du cheval (figure 7). Lors du parage, il utilise une rainette pour couper la corne en sole et nettoyer la fourchette, une pince à corne ou un rogne pied pour couper l'excès de corne, une râpe pour les dernières finitions et pour égaliser le dessous du pied, ainsi qu'un tablier en cuir et un billot pour faire

reposer le pied du cheval. Lors du ferrage et du déferrage, il utilise également un dérivoir pour soulever les rivets (partie du clou relevée contre la face dorsale du sabot), une pince arrache-clous, une tricoise pour agripper le fer et le retirer, une mailloche, un marteau de forge, une enclume et une forge à charbon ou à gaz le cas échéant (CLAUDE *et al.*, 2018).



Figure 7 : Le maréchal et ses instruments (Photographie : M.C.)

b) Objectifs du parage et du ferrage

Un parage adéquat est indispensable pour maintenir un pied en bonne santé et pour prévenir les boiteries. Concernant le ferrage, sa nécessité dépend de l'activité du cheval, le type de sol sur lequel il évolue, la qualité de la corne du sabot, ou encore de ses aplombs, mais lorsqu'il est réalisé, le choix du type de fer doit être réfléchi et correspondre à la morphologie du pied. En effet, cela affecte non seulement la partie externe du sabot, les structures internes du pied mais également tout le membre. De plus, un parage et ferrage efficaces permettent d'améliorer les effets biomécaniques et l'équilibre du pied, et de le rendre fonctionnel. La surface dorsale du sabot doit être parallèle à l'axe phalangien et donc au paturon (figure 8), l'épaisseur de paroi dorsale et de sole doivent être adéquates, les talons doivent être solides et des anneaux de croissance doivent être espacés par des distances identiques sous la bande coronaire.



Figure 8 : Parallélisme entre la surface dorsale du sabot et l'axe phalangien (Photographie : M.C)

Pour le maréchal, les trois principaux objectifs du parage et du ferrage du pied sain sont : faciliter le départ du pied, protéger la sole et préserver les talons (O'GRADY and POUPARD, 2003).

c) A la française ou à l'anglaise

Le ferrage peut s'effectuer selon deux méthodes : le ferrage à la française ou à l'anglaise. Lors du ferrage à la française, le maréchal emploie une aide pour lui tenir le pied du cheval. Le ferrage à l'anglaise, qui s'est considérablement développé, est effectué seul par le maréchal, qui contient le pied du cheval entre ses jambes et effectue ainsi le parage et le ferrage. Dans certains cas, le cheval peut également être ferré dans un travail (dispositif conçu pour maintenir et immobiliser de grands animaux), généralement les chevaux de trait. (VISSAC, 2005) (GROSBOIS, Cavé and Goubault, 2013).

d) Parage

Avant de ferrer, le maréchal doit se rendre compte de l'état des pieds, de leur longueur et leurs aplombs. Pour cela, il doit observer chaque pied vu de devant, de derrière et sur le côté, lorsque le pied est à l'appui. Il doit également observer le cheval se déplacer pour identifier des défauts de la marche : par exemple, on dit qu'il forge lorsqu'il se coupe l'antérieur à l'appui avec le postérieur homolatéral lors de la marche. Le cas échéant, des ajustements des fers pourront être réalisés pour éviter des blessures. Des radiographies du pied effectuées par le vétérinaire peuvent parfois être nécessaires et informatives si des déformations de la boîte cornée sont observées et significatives. La vue latéro-médiale (figure 9) permet notamment d'évaluer l'alignement phalangien, le parallélisme de la paroi dorsale du sabot avec la surface dorsale de la 3^e phalange, la surface plantaire de celle-ci, l'épaisseur de la sole et le centre de gravité (O'GRADY and POUPARD, 2003).



Figure 9 : Radiographie de pied latéro-médiale, montrant un axe phalangien brisé vers l'arrière, entraînant un report du centre de gravité vers l'arrière et une augmentation du poids sur les talons (D'après O'GRADY, 2008)

La vue dorso-palmaire (figure 10) permet d'évaluer l'orientation latéro-médiale et la position de la 3^e phalange dans la boîte cornée.

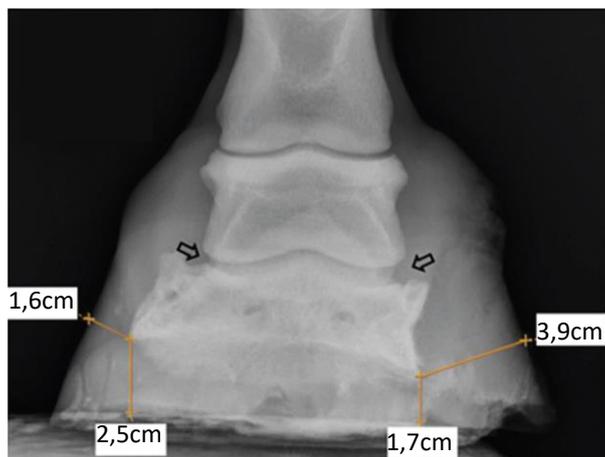


Figure 10 : Radiographie de pied, vue dorso-palmaire : positionnement dissymétrique de la troisième phalange lors d'une fourbure (D'après BELKNAP and GEOR, 2017)

Des mesures de la face solaire du pied (figure 11) peuvent également être réalisées pour déterminer la conformation du pied et être utilisées comme références lors du parage (O'GRADY, 2008).



Figure 11 : Mesures de la face solaire du pied.
Ligne noire : Partie la plus large du sabot. Ligne rouge : Relie la base de la fourchette au point le plus crânial en pince. Pied bien conformé aussi long que large. (O'GRADY, 2008)

Le parage du pied en tant que tel consiste à enlever le surplus de corne d'un talon à l'autre avec le rogne-pied ou le coupe-corne, en commençant par le plus bas ou proche du sol. Puis le maréchal nettoie la fourchette avec la rainette, égalise le pied avec la râpe (figure 12) et marque la place du ou des pinçon(s) (VISSAC, 2005). La sole, la fourchette et les barres ne doivent être parées nécessairement que lorsque de la corne est présente en quantité excessive. La sole est parée au niveau de la ligne blanche (limite entre la sole et la paroi) pour déterminer la quantité à retirer de corne en paroi (O'GRADY and POUPARD, 2003).



Figure 12 : Finition du parage à la râpe (photographie : M.C.)

e) Ferrage

La première étape est le déferrage du cheval si celui-ci est déjà ferré, puis le parage des quatre sabots.

Le ferrage peut s'effectuer à froid ou à chaud. Lors du ferrage à chaud, le fer est chauffé de 800°C à 1000°C dans une forge puis placé sur la face inférieure du sabot, ce qui va cautériser la corne et marquer l'empreinte du fer sur le sabot, tout en moulant celui-ci sur le fer (figure 13). Le fer peut être ajusté par le maréchal en le travaillant à l'enclume lorsqu'il est chaud (figure 14). Puis il refroidit le fer avant de le fixer avec les clous sous le sabot. Cette technique permet d'adapter véritablement le fer au sabot du cheval. On dit que ce sont des fers forgés (GROSBOIS, Cavé and Goubault, 2013).



Figure 13 : Ferrage à chaud (photographie : M.C.)



Figure 14 : Ajustement du fer à chaud sur l'enclume (photographie M.C.)

Le ferrage à froid s'effectue sans utiliser de forge. Le fer est ajusté au pied en le martelant sur une enclume sans le chauffer. On qualifie ces fers de fers mécaniques. La ferrure à froid était auparavant utilisée dans l'armée française de 1845 à 1854. Le maréchal militaire devait être capable de poser un fer à froid. Cependant, cela demande plus de précision sur les mesures du pied et sur sa préparation qu'avec un ferrage à chaud, et certaines modifications ne peuvent se faire qu'à chaud. Cette méthode a ensuite été délaissée par l'armée car ces fers paraissaient moins solides, mais elle est encore utilisée de nos jours et s'est d'ailleurs considérablement développée. Elle a notamment l'avantage de ne pas nécessiter de transport de matériel lourd (forge), et le maréchal peut utiliser des fers préfabriqués en aluminium, plus simples de préparation. De plus, cette méthode peut être plus appropriée pour les chevaux craintifs qui pourraient réagir violemment lors de la pose du fer brûlant sur le pied car cela dégage une fumée importante (THARY, 1909).

Puis vient le brochage du fer sous le pied : le maréchal place le fer sous le pied et plante successivement les clous (figure 15). Les clous sont implantés dans les contre-perçures, à travers la ligne blanche, en direction de la muraille et doivent être verticaux (perpendiculaires à la surface solaire). Une fois les clous sortis suffisamment, il replie la partie extériorisée du clou contre la muraille. Il commence par le clou externe en pince, puis le clou au talon interne et s'assure que le fer est bien droit sur le pied, dans le cas contraire il l'ajuste avec un coup de mailloche sur le côté. Puis il broche les autres clous dans un ordre indifférent.



Figure 15 : Brochage du fer sous le pied : mise en place des clous (photographie : M.C.)

Ensuite, il serre les clous, c'est-à-dire qu'il frappe la tête de chaque clou successivement avec la mailloche, puis coupe la partie repliée des lames des clous avec la tricoise.

Puis il rive les clous (figure 16) : il creuse des petites logettes dans la muraille au-dessus des points de sortie des lames des clous, qu'il rabat à l'intérieur de ces logettes. Cette partie repliée du clou visible à l'extérieur se nomme « rivet ».



Figure 16 : Rivetage (photographie : M.C.)

Il rabat ensuite le ou les pinçon(s) à l'aide de la mailloche en faisant poser le pied ferré au sol.

Enfin, vient le coup de râpe final. Le maréchal installe le pied ferré sur le chevalet et donne de légers coups de lime dans le sens des fibres de la corne pour faire disparaître les inégalités entre les rivets et le fer, en prenant soin de ne pas couper les rivets (VISSAC, 2005).

3. Origine et évolution de la ferrure

a) Histoire de la ferrure dans le monde

L'origine de la ferrure se situe bien après la domestication du cheval, qui a eu lieu environ 2200 ans avant notre ère, dans le nord du Caucase (LIBRADO *et al.*, 2021). Son origine est encore incertaine, mais elle a permis l'utilisation intensive du cheval, notamment pour le travail. Plusieurs périodes clés dans l'histoire du fer et son évolution sont décrites dans la littérature, et la caractérisation de sa forme, sa matière, et les différentes parties qui le composent permettent de le situer dans le temps, avec une précision relative.

i. Période grecque et romaine (XVe au Ve siècle avant J-C)

Tout d'abord, pendant la période gréco-romaine, les bœufs et les mulets étaient d'avantage utilisés que les chevaux pour le travail (VISSAC, 2005). Mais pour les chevaux de travail, des protections étaient utilisées pour préserver la corne du sabot : il s'agissait, chez les Grecs, de semelles épaisses appelées *embataï*, *carbatinaï* ou *hippopodes*, et chez les Romains, de chaussures tressées en joug ou genêt appelées *spartea* ou *sparcia* (figure 17). Ces chaussures étaient fixées à l'aide de courroies enroulées sur l'extrémité inférieure du membre.

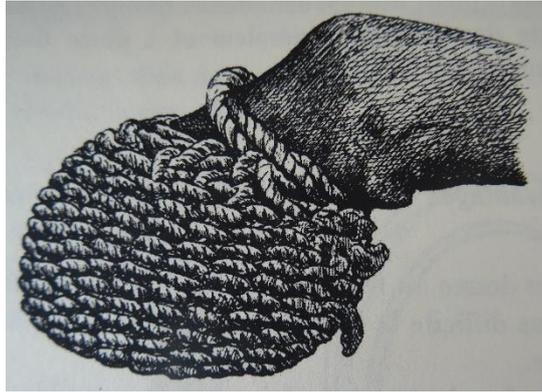


Figure 17 : Spartea (THARY, 1909)

Puis, pour en augmenter la résistance, une plaque de fer fut rajoutée sous la face inférieure, et cette nouvelle chaussure s'appela solea ferrea (figure 18).

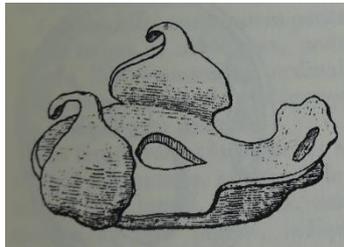


Figure 18 : Solea ferrea (THARY, 1909)

Plus tard encore, les romains inventèrent l'hipposandale (figure 19) en fixant directement la solea ferrea sous le pied à l'aide de lanières attachées à des prolongements de la rive externe de la plaque (THARY, 1909).

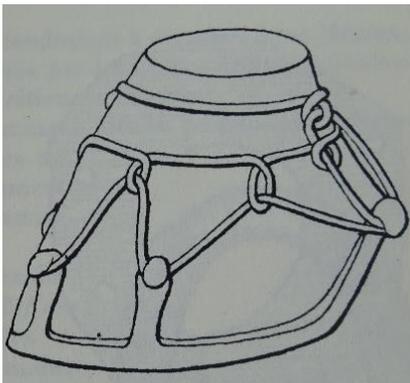


Figure 19 : Hipposandale (A gauche : THARY, 1909, à droite : Collection du musée de Vetagro Sup, photographie : M.C)

ii. Période celtique (1100-25 avant J-C)

La période celtique est caractérisée par une invasion des celtes par les peuples aryens (origine indo-européenne) qui ont fait découvrir l'art de ferrer aux celtes. Cet art était en effet réservé aux druides celtes. Les fers retrouvés en provenance de la bataille d'Alesia (52 avant JC) en Bourgogne et Franche Comté sont des fers à clous, petits, étroits, sans ajusture ni crampon, comportent généralement 6 étampures et sont ondulés (élargis au niveau des étampures) (figure 20) (VISSAC, 2005).



Figure 20 : Fer celtique de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)

iii. Période gallo-romaine (IIe siècle avant J-C à 476 après J-C)

Le fer celte n'a pas subi beaucoup de changement, hormis une plus grande taille et la présence de crampons généralement, pendant cette période marquée par la conquête de la Gaule par les Romains, qui amenèrent eux-aussi leur méthode de ferrage. On trouvait sur ces fers ondulés 6 à 8 étampures, une pince large, une ajusture plus ou moins prononcée et le plus souvent les éponges étaient repliées sous la face inférieure du fer pour former des crampons. On trouvait également des fers rainés en Suisse, Belgique ou Allemagne (THARY, 1909).

Il semble donc y avoir plusieurs lieux de naissance de la ferrure à clous : origine gauloise, romaine, mais aussi saxonne ou germanique et asiatique.

iv. Période médiévale (476 après J-C à 1492)

Cette époque ne connaît que peu d'évolution du fer à cheval. Les fers médiévaux sont lourds, larges, avec 6 à 8 étampures, souvent rainés, avec des crampons en talons et parfois en pince, et des éponges nourries (figure 21). L'ondulation s'est effacée progressivement. On trouve quelques fers à double planche, longitudinale et transversale (VISSAC, 2005).



Figure 21 : Fer de l'époque médiévale de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)

v. Période moderne (XVe au XVIIIe siècle)

Cette époque voit l'apparition des premières bases de l'enseignement de la maréchalerie. Au XVe siècle, en Italie, sont publiés les premiers ouvrages sur le sujet, par Grissonne, Fiaschi et Ruini. (Michel Vaillant Maréchalerie) Puis, au XVII et XVIIIe siècle, Lafosse Père, De Solleysel, Bourgelat, Osmer, James Clark ou encore Coleman se font connaître par leurs publications (VISSAC, 2005).

vi. XIXe siècle

Les ouvrages et publications de vétérinaires et maréchaux se multiplient, avec notamment Bracy-Clark, qui démontre que le pied du cheval est élastique en 1810. Plus tard, Jauze invente des fers orthopédiques dont le fer à éponges réunies en ovale (1820), Roland invente le ressort dilatateur des talons (1824) (figure 22), Charlier invente et fait breveter la ferrure qui portera son nom, et qui sera largement utilisée comme ferrure courante en France et à l'étranger (1865) (VISSAC, 2005).



Figure 22 : Fer à ressort de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)

vii. XXe siècle

Les fers se perfectionnent, avec notamment l'influence des vétérinaires Lavalard, Joly, Tasset, Carel, Jacoulet, Thary ou encore Allarousse, pour lesquels la maréchalerie était une part importante du métier (VISSAC, 2005).

b) Zoom sur la ferrure des chevaux de travail à Paris au XVIII et XIXe siècle

A cette époque, le cheval est une part importante de l'économie de la ville puisqu'il est utilisé pour le transport des voitures et de charges lourdes dans les rues. On décompte d'ailleurs 5 221 voitures tractées par des chevaux en 1852. Le nombre de chevaux de traction à Paris est estimé à 34 000 en 1829, 40 000 au milieu du siècle et plus de 80 000 en 1880.

L'adhérence à la route est donc l'enjeu principal, mais elle est loin d'être parfaite. En effet, les chevaux de cette époque sont décrits comme ayant de grandes difficultés à se déplacer et à tirer les charges qui leur étaient imposées sans glisser sur le sol avec leurs fers, occasionnant des blessures, des chutes et suscitant la consternation des passants.

Le célèbre Hippiatre Etienne-Guillaume Lafosse (Lafosse père), maréchal des Petites Ecuries du roi à Versailles, décrit d'ailleurs cette situation dans son ouvrage *Nouvelle Pratique de ferrer des Chevaux*, paru en 1758. Pour lui, les fers à l'allemande, très lourds et utilisés pour les chevaux de travail à cette époque, sont trop longs et trop couverts en éponge, incitant le cheval à forger. De plus, d'après Lafosse, ces fers très épais empêchent le contact de la fourchette avec le sol, la fourchette étant le principal moyen d'adhérence selon lui. Il propose donc le « fer à croissant » (figure 24), une variante du fer à lunette de Fiaschi (figure 23) au XVIe siècle, avec des éponges raccourcies et s'amincissant jusqu'au milieu des quartiers. Les talons et la fourchette sont ainsi en contact avec le sol. Lafosse ajoute ensuite une modification : l'incrustation du fer dans la muraille. Un fer très fin et étroit, enclavé, mais difficile à poser et très néfaste pour le pied, comme le confirmera plus tard Joseph Estève, chef d'atelier de maréchalerie à l'Ecole Vétérinaire d'Alfort, en 1949. Ce fer est donc tombé dans l'oubli.

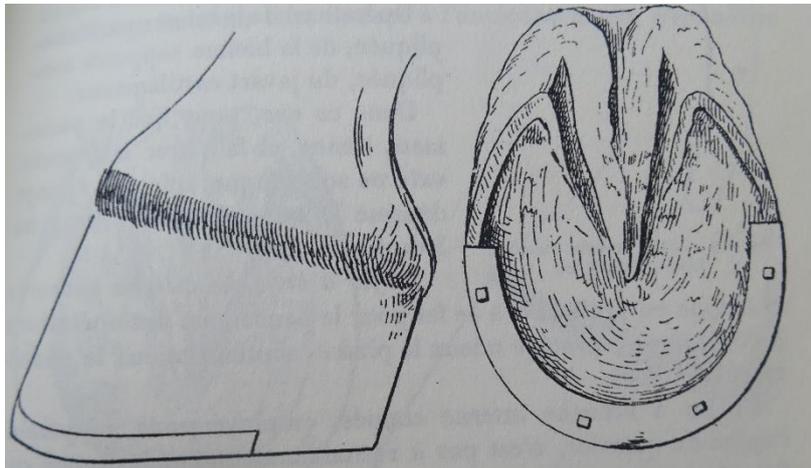


Figure 23 : Fer à lunettes de Fiaschi (THARY, 1909)

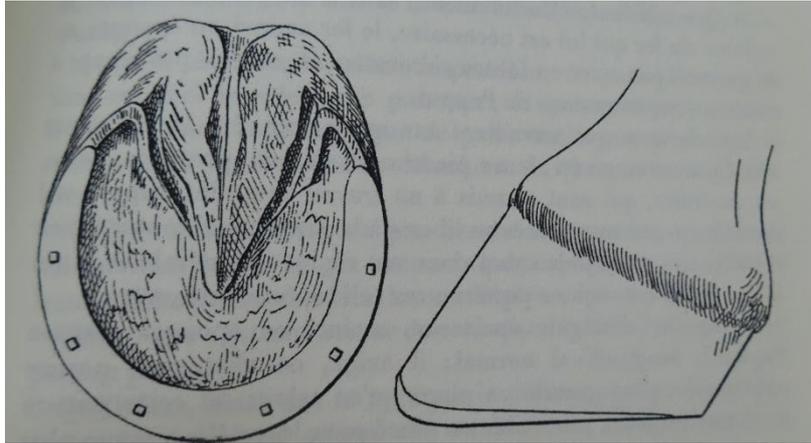


Figure 24 : Fer à croissants de Lafosse (THARY, 1909)

La ferrure et l'adhérence du pied sur le sol sont constamment discutées par les vétérinaires du XIXe siècle, majoritairement issus de familles de maréchaux, car il faut adapter la ferrure aux nouveaux sols urbains. En particulier, le macadam fait son apparition en France à partir des années 1840, et a les inconvénients de produire de la boue par temps de pluie et de la poussière par temps sec. Puis c'est le tour de l'asphalte comprimé en 1854, qui est rendu glissant par la pluie ou la boue. Enfin, les pavés de bois apparaissent en 1881, mais occasionnent eux aussi de nombreuses chutes par glissade.

Pierre Charlier, fils de maréchal et vétérinaire à la Compagnie Générale des voitures (CGV), invente et dépose un brevet pour sa « ferrure périplantaire » (figures 25 et 26), en 1864, qui a pour but de favoriser le contact de la sole et la fourchette avec le terrain. Il s'agit d'un fer très mince incrusté dans le pourtour du sabot, et fixé avec de petits clous. Les résultats sur les chevaux et leur adhérence au sol sont favorables, et la prévalence des bleimes et seimes est fortement diminuée. Charlier reçoit la Légion d'honneur pour sa ferrure périplantaire en 1867, qui est ensuite utilisée massivement à Paris et à l'étranger, bien qu'ayant provoqué de nombreux débats quant à ses effets et impacts sur le pied du cheval. En effet, on trouve à cette époque différents ouvrages de critiques et de réponses à ces mêmes critiques, avec par exemple Leblanc et son *Examen critique du nouveau mode de Ferrure dit Système périplantaire de M. Charlier*, paru en 1866, avec en réponse, Morin et son *Examen pratique du mode de ferrure inauguré par M. Charlier - Réponse à la critique de M. Leblanc*, paru en 1867.



Figure 25 : Fer Charlier de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C.)

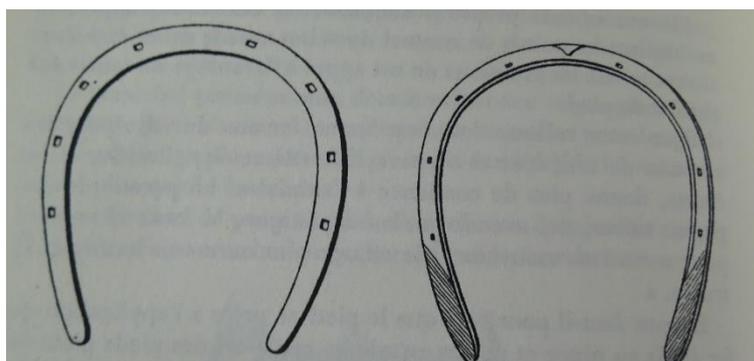


Figure 26 : Fer Charlier : face inférieure à gauche et face supérieure à droite (THARY, 1909)

Quoi qu'il en soit, ce fer est difficile à poser et coûte assez cher en main-d'œuvre. C'est pourquoi, Edmond Lavalard et Auguste Poret, tous deux successivement à la tête de la cavalerie de la Compagnie Générale des Omnibus (CGO), proposent à La Société Centrale de médecine vétérinaire en 1886 un fer étroit, plus simple à appliquer, décrit comme un « fer Lafosse à branches prolongées ». Il ne s'agit pas ici d'un fer enclavé, mais d'un fer en croissant, avec des branches prolongées et s'amincissant progressivement jusqu'aux éponges, permettant à la fourchette d'être en contact avec le sol, et garantissant une protection en talons (figure 27). Ce modèle devient la référence du fer à cheval de traction à Paris jusqu'à la disparition des chevaux d'omnibus, en 1910.

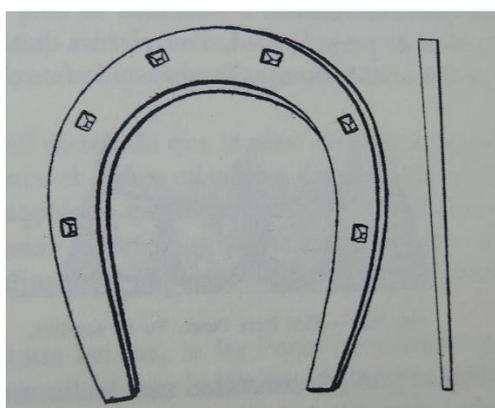


Figure 27 : Fer Poret (THARY, 1909)

Par ailleurs, de nombreux matériaux mous sont utilisés en substitution ou ajoutés aux fers, toujours dans l'optique d'augmenter l'adhérence du sabot au sol. Cette diversification atteint son sommet à la fin du XIXe siècle, jusqu'à tester l'utilisation de la corne fondue, de la gutta-percha (gomme produite à partir du latex naturel issu de feuilles d'arbres de l'espèce *Palaquium gutta*), du cuir, du carton-pâte, et même de la croûte de fromage, qui sont finalement abandonnés. Les patins en caoutchouc connaissent alors un grand succès, surtout chez les chevaux de luxe. On utilise également de la corde ou du caoutchouc dans les rainures, et on ajoute du relief (creux, bosses, crampons) aux fers pour augmenter leur adhérence (figure 28).



Figure 28 : Différents patins du XIXe siècle de la collection du musée de Vetagro Sup (photographie : M.C)

La maréchalerie européenne connaît son apogée à la veille de la Première Guerre Mondiale, avant de voir la motorisation exclure progressivement le cheval du monde urbain (DEGUEURCE, 2015).

4. Histoire de la maréchalerie en France

a) Les origines

Le mot « maréchal » vient de l'ancien francique (langue germanique du Moyen âge) « marhschalk », qui désigne le domestique chargé de soigner les chevaux. Au Moyen âge, le cheval est ferré et soigné par son chevalier. Puis, lorsque l'usage du fer à clous se répand, on voit alors apparaître les premiers ateliers de maréchaux.

Au XIIe siècle, « maréchal » désigne le préposé aux chevaux des écuries royales, qui s'occupe de tous les soins aux chevaux, incluant les soins vétérinaires. Cependant, le ferrage devenant très répandu, on distingue alors les maréchaux-experts des maréchaux-ferrants, pour ne pas faire d'amalgame avec le terme noble de « maréchal ». Les maréchaux-ferrants s'occupent alors uniquement du ferrage des chevaux, surtout en ville puisque les artisans dans les campagnes continuent à forger les fers en plus d'assurer les soins aux chevaux.

En 1463, les maréchaux-ferrants obtiennent leur propre statut. Leur métier ne se transmet cependant que par l'aspect pratique, ils ne bénéficient d'aucun enseignement théorique à cette époque. Puis la profession évolue et le maréchal-ferrant obtient de droit de soigner les chevaux, faisant de lui l'ancêtre du vétérinaire (Michel Vaillant Maréchalerie).

A la fin du Moyen Age, le maréchal-ferrant semble donc rassembler plusieurs métiers actuels : forgeron et vétérinaire équin, car il est à la fois celui qui forge le fer à cheval et le fixe sur le sabot, mais il est aussi celui qui soigne le cheval. De plus, leur domaine d'exercice semble être encore plus étendu, car ils auraient également soigné d'autres espèces et même des Hommes (AULIARD, 1997).

b) Les prémices de l'enseignement du métier

Les XVe et XVIe siècles voient les premières bases de l'enseignement de la maréchalerie naitre en Italie. Cesare Fiaschi fonde une école d'équitation en 1534 à Ferrare, entraînant l'évolution de la chevalerie : le cheval passe d'animal guerrier à objet de luxe et instrument de pouvoir. L'Italie devient

alors le centre de l'art équestre et des connaissances liées au cheval. Par la suite, des écuyers italiens ayant étudié à l'école d'équitation de Fiaschi s'installent partout en Europe, et transmettent leurs connaissances.

En France, le premier ouvrage de maréchalerie est écrit par Jacques de Solleysel en 1664, et s'intitule « Le parfait mareschal ».

Jusqu'au XVII-XVIIIe siècle, les maréchaux étaient chargés à la fois des soins et du ferrage des chevaux, mais sans connaissances ni formation précises en médecine vétérinaire. Claude Bourgelat, alors écuyer enseignant à Lyon, le constate et décide de révolutionner les pratiques vétérinaires. Il étudie la médecine humaine, puis publie des textes d'anatomie, physiologie et médecine thérapeutique du cheval, et ouvre une école de maréchalerie. Tout ceci, à l'époque, n'est pas très apprécié par les maréchaux ferrants. Puis, le 4 août 1761, le conseil d'état autorise Bourgelat à ouvrir sa première école consacrée à l'étude des maladies de tous les animaux. Par la suite, le maréchal perd son statut de soigneur, les 2 métiers de maréchal-ferrant et vétérinaire se différencient, et l'école vétérinaire de Lyon est créée, puis celle d'Alfort en 1765.

Philippe Etienne Lafosse (1738-1820), est l'un des plus célèbres maréchaux de l'époque, fils de Etienne Guillaume Lafosse, l'un des premiers vétérinaires équins, qui s'est battu pour faire reconnaître la médecine vétérinaire comme une science à part entière. Lafosse fils publie en 1766 le « Guide du maréchal ». Mais Bourgelat lui refuse l'accès à son école en tant qu'enseignant. Lafosse, rancunier, le critiquera tout au long de sa vie. Il crée en 1767 son propre amphithéâtre et enseigne gratuitement la médecine vétérinaire équine.

Par la suite, les premières écoles de maréchalerie sont créées et avec elles, de nouvelles techniques et ouvrages dans ce domaine. Au XVIIIe siècle, on aura en particulier l'apparition de l'ajusture et de la ferrure à chaud, ainsi que les fers en cuivre pour les chevaux descendus dans les mines pour y remplacer les humains (Michel Vaillant Maréchalerie).

c) L'apogée de la maréchalerie

Au XIXe siècle, le métier de maréchal-ferrant se concrétise d'avantage, avec en 1826 la création de l'école de maréchalerie de Saumur, annexée à l'école royale de cavalerie. Saumur est encore actuellement la capitale française de l'équitation. Puis en 1887, la chambre syndicale des patrons maréchaux ferrants de Paris est créée, avec à cette date, 6 écoles civiles de maréchalerie en France, subventionnées par l'Etat. En 1896, la fédération des patrons maréchaux de France est créée, sous l'influence de la profession vétérinaire.

La volonté d'instruction et de progression de la profession s'intensifie encore avec des congrès nationaux de maréchalerie en 1901, 1903 et 1904.

En 1903, la fédération des patrons devient la fédération des chambres syndicales patronales des maréchaux-ferrants, avec son siège rue de Faubourg à Paris, où elle possède également une école supérieure de maréchalerie (VISSAC, 2005).

A cette époque, le cheval reste le moteur de tous les transports urbains et a un rôle important dans l'armée.

Puis, le milieu du XIXe siècle voit l'apparition de l'acier, et on compte 7 fabriques de fers en 1923, avec une ferrure qui se perfectionne toujours d'avantage.

Ce siècle voit également l'apparition du premier fer à l'envers, appelé fer Napoléon, soi-disant inventé pour tromper l'ennemi sur le sens du déplacement de la cavalerie napoléonienne.

La maréchalerie orthopédique fait son apparition au cours du XIXe siècle : on crée dorénavant de nouveaux fers particuliers pour traiter des boiteries. Les fers ne sont alors plus seulement utilisés pour augmenter l'adhérence du pied au sol ou pour protéger le sabot (Michel Vaillant Maréchalerie).

d) La fin d'une profession...

La première guerre mondiale verra la dernière utilisation du cheval de guerre, puisque l'évolution industrielle avec le chemin de fer et l'automobile remplaceront petit à petit le cheval. Ceci signe la fin de l'apogée de la profession, et les ateliers de maréchalerie fermeront pour la plupart (Michel Vaillant Maréchalerie).

De même, les écoles de maréchalerie ferment au début du XXe siècle, hormis l'école supérieure de Paris, qui appartient alors à l'organisation professionnelle de l'artisanat rural de l'époque. L'école fermera à son tour pendant la 2^e Guerre Mondiale sous l'occupation allemande, et deviendra un centre de perfectionnement de l'artisanat rural pour les maréchaux-ferrants, soudeurs autogène et électrique, réparateurs de machines agricoles, charrons-forgerons (fabricants de trains d'artillerie, de charrettes, de chariots et carrosses). En 1946, après la libération, elle devient ensuite un centre d'enseignements techniques sans rapport avec l'artisanat rural. La dernière école de maréchalerie a ainsi disparu (VISSAC, 2005).

Le nom de la fédération nationale des maréchaux-ferrants est modifié à plusieurs reprises, s'éloignant peu à peu d'une fédération exclusive de la profession. En 1957, elle devient la Confédération nationale des artisans ruraux, maréchaux, charrons-forgerons, vendeurs-réparateurs de machines agricoles, puis en 1962 lors du congrès d'Angers, la Confédération nationale des artisans ruraux, et enfin la Confédération nationale des artisans et petites entreprises en milieu rural en 1971 (VISSAC, 2005).

e) ...Et le commencement d'une autre : La maréchalerie de nos jours

Un retournement de situation a lieu dans les années 1970, grâce à la démocratisation de l'équitation de loisir et le nombre de cavaliers croissant. Ceci permet de relancer la profession. C'est alors un tout nouveau métier qui réapparaît, prenant en compte de nouvelles attentes des propriétaires quant aux utilisations de leurs chevaux. Et dorénavant, c'est le maréchal-ferrant qui se déplace jusqu'au cheval avec son véhicule-atelier, et non plus le cheval qui vient jusqu'à l'atelier.

Concernant la formation pour devenir maréchal-ferrant, jusqu'en 1997 aucun diplôme n'est demandé, mais depuis cette date il est nécessaire d'obtenir un CAPA (Certificat d'Aptitude Professionnel Agricole) Maréchalerie ou un BTM (Brevet Technique des Métiers) Maréchal-ferrant pour exercer (Michel Vaillant Maréchalerie).

Deuxième partie : Les principales affections orthopédiques du pied du cheval

1. Rappels d'anatomie du pied du cheval

Le pied du cheval est défini par l'extrémité onglée du membre distal, et constituée de diverses structures renfermées dans le sabot : os, derme, tissu sous-cutané, cartilage, nerfs, vaisseaux, synovies, tendons et ligaments.

a) Orientation

Pour décrire le membre, on doit d'abord localiser la zone d'intérêt et donner l'orientation de cette zone sur le membre (figure 29). Ce qui est situé sur la face avant du membre est dorsal. Pour le membre antérieur, ce qui est sur la face postérieure est palmaire, et plantaire pour le membre postérieur. Ce qui est situé près du corps est proximal, et plus on s'en éloigne plus on est distal.

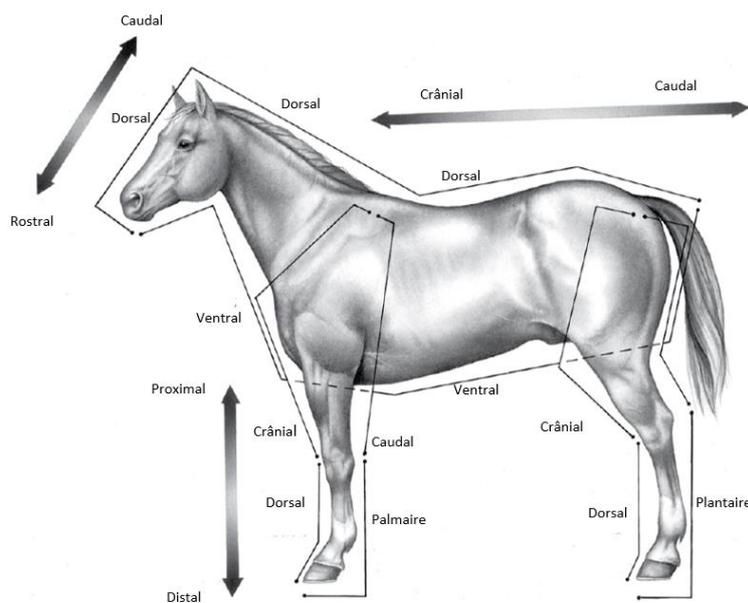


Figure 29 : Positionnement dans l'espace (D'après BAXTER, 2020)

b) Structures externes : le sabot

La boîte cornée (ou sabot) est composée de la paroi (ou muraille), la fourchette et la sole, et assure l'appui au sol.

i. La paroi

La paroi s'étend à partir du bord coronaire de la membrane kératogène (figure 30), zone de transition entre le sabot et la peau, à raison d'environ 6 mm par mois. Des stries concentriques

parallèles à la paroi sont formées à la suite des variations de croissance de la corne (LAUNOIS *et al.*, 2012).

Le bord coronaire (figure 30) comprend deux bourrelets venant s'insérer dans deux sillons correspondants : le bourrelet coronaire, surmonté du bourrelet limbique, qui sécrètent respectivement l'épiderme coronaire et l'épiderme limbique. Celui-ci constitue le stratum externum, fine couche d'épiderme tubulaire et partie la plus externe de la paroi, de façon plus ou moins étendue à partir du bourrelet limbique, et se raccordant à la fourchette au niveau des talons. On l'appelle aussi le périople (BAXTER, 2020). Puis suit le stratum medium (figure 31), le plus épais et rigide, constitué de corne fibreuse et produit par le bourrelet coronaire. Enfin, vient le stratum internum (figure 31), formé de corne molle et homogène produite par les lamelles du podophylle ou corium parietis (lamelles dermo-épidermiques), et qui est appelé le kéraphylle. Au bord solaire, qui prend appui au sol et subit l'usure, le kéraphylle assure l'union de la paroi avec la sole, et est visualisé par la ligne blanche (car non pigmenté) sur la face solaire du sabot. L'imbrication du podophylle avec le kéraphylle assure la fixité du sabot sur le pied.

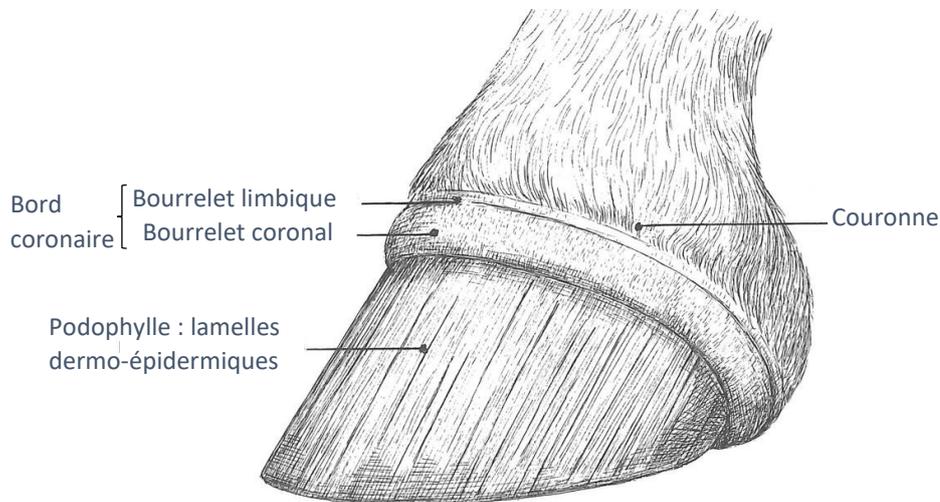


Figure 30 : Le pied et sa membrane kératogène, vue latérale, boîte cornée retirée (D'après BARONE, 2010a)

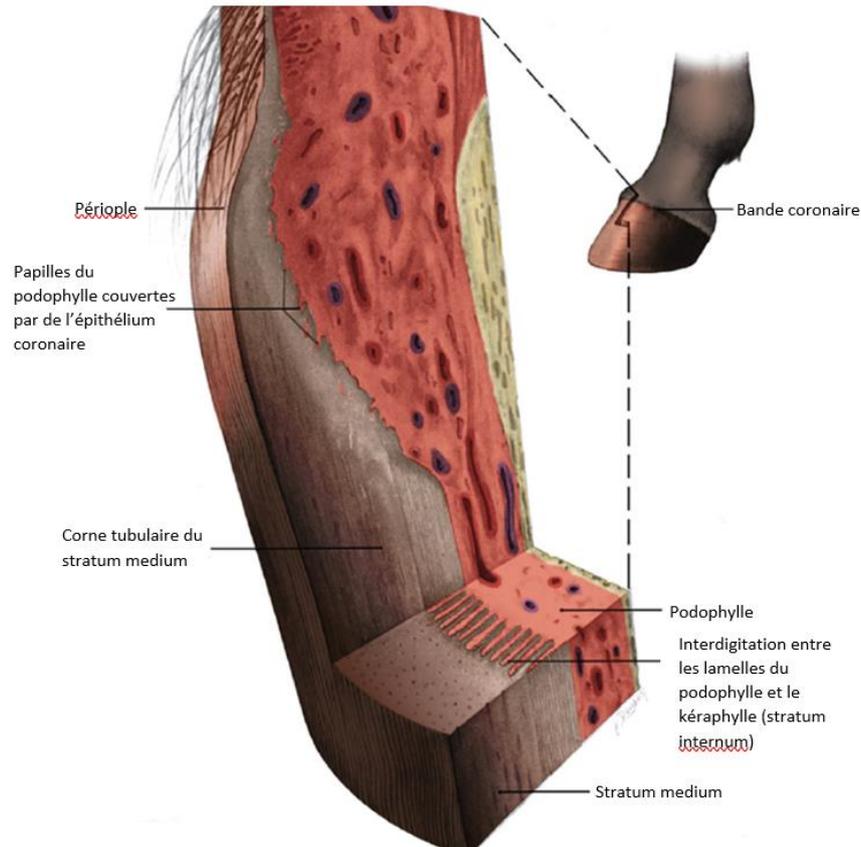


Figure 31 : Les différentes couches de la paroi du sabot (D'après BAXTER, 2020)

Comme cité précédemment (figure 1), la paroi est délimitée en plusieurs parties :

- La pince, dorsale
- Les mamelles (médiale et latérale)
- Les quartiers (médial et latéral)
- Les talons (médial et latéral) où la corne s'infléchit d'arrière en avant pour former les barres, qui viennent rejoindre la fourchette en s'atténuant progressivement en direction de son apex.

La paroi est la plus haute au niveau de la pince, et décroît progressivement vers les talons, puis de ceux-ci à l'extrémité des barres. Elle est également plus épaisse en pince (12-14mm) et s'amincit en progressant vers les talons (8-9mm), puis pareillement de ceux-ci vers l'extrémité des barres (5-6mm), tout en restant constante du bord coronaire au bord solaire. Elle est aussi plus mince en région médiale que latérale (BARONE, 2010a).

Idéalement, le bord dorsal de la paroi (« ligne de pince ») et le bord palmaire (« Ligne de talons ») sont parallèles, reflétant l'alignement phalangien (BAXTER, 2020).

ii. La sole

La sole constitue le « plancher » du sabot (figure 32). Il s'agit de corne plus molle que la paroi, en forme de croissant et encastrée dans le bord solaire de la paroi. On décrit un corps (partie moyenne), prolongé en une branche latérale et une branche médiale, chacune logée entre la

fourchette et la barre du côté correspondant. La sole présente deux faces : la face externe est légèrement concave, de façon différente selon les individus et le membre considéré. La face interne (ou proximale) est convexe et criblée de petits trous correspondants aux ouvertures des tubules de la corne solaire. On y trouve également deux bords : le bord pariétal, uni à la paroi au niveau de la ligne blanche, et le bord central, comprenant une partie médiale et une partie latérale réunies au niveau de l'apex de la fourchette. La sole est plus épaisse au niveau du bord pariétal que du bord central, et fait environ 10 à 12mm (BARONE, 2010a).

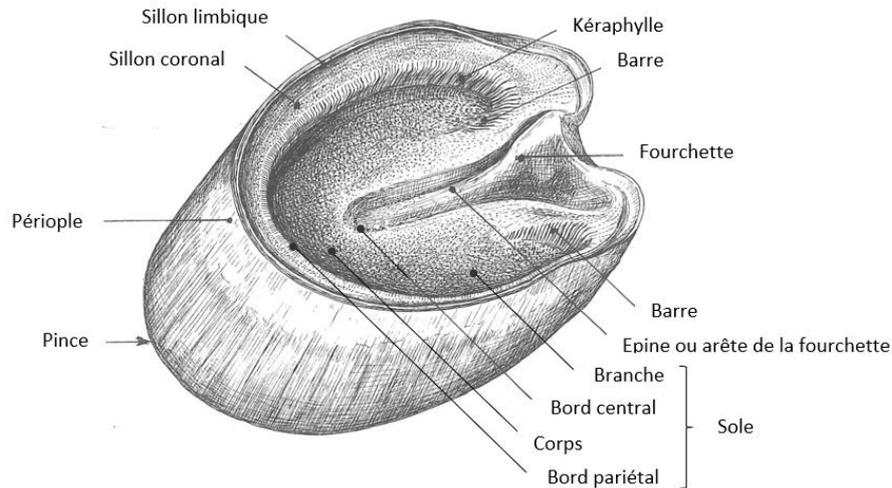


Figure 32 : Vue dorso-médiale du sabot et visualisation de la sole (D'après BARONE, 2010a)

iii. La fourchette

La fourchette (figure 33) est formée de corne souple tubuleuse, qui recouvre le coussinet digital. Elle est de forme triangulaire, s'insère entre les barres, et possède un apex crânial, prolongé par deux branches qui se terminent au niveau des glomes. Les deux branches sont séparées par une lacune médiane, ou sillon cunéal central, qui se prolonge caudalement et sépare les deux glomes. L'espace situé entre la fourchette et les barres, de chaque côté de la fourchette, est appelé lacune latérale, ou sillon paracunéal. Des glandes sudoripares sont présentes dans la lacune médiane et aux alentours (BARONE, 2010a).

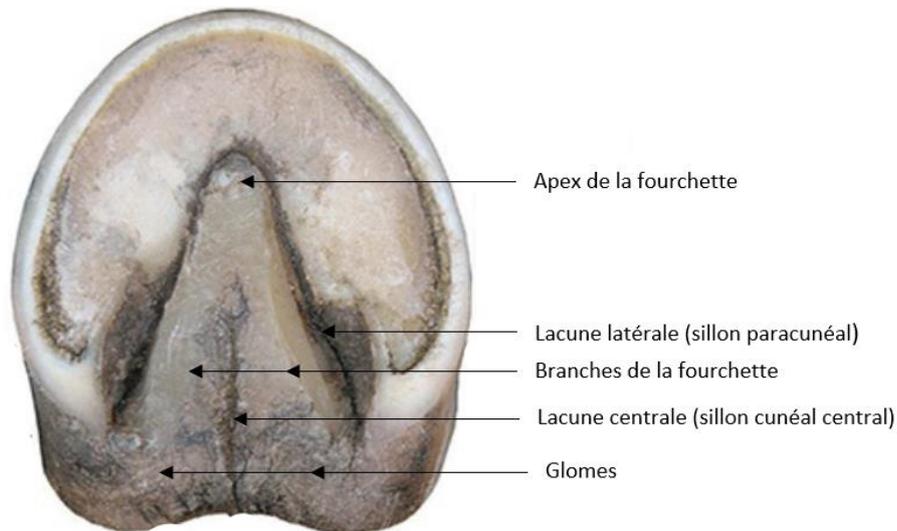


Figure 33 : Description de la fourchette (Vue palmaire d'un sabot antérieur) (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017)

c) La membrane kératogène

La membrane kératogène regroupe trois structures : le bourrelet, le podophylle et le tissu velouté (figure 30 et 34). Il s'agit de tissu dermique qui constitue l'assise des structures cornées que nous avons détaillées précédemment. Le bourrelet produit la corne de la paroi. Le podophylle, lui, couvre la face pariétale de la phalange distale et la partie adjacente des cartilages unguulaires, et est solidement uni avec eux. Il est formé de 550 à 600 lamelles dermales qui s'imbriquent avec les lamelles du kéraphylle (stratum internum de la paroi), et assure ainsi la fixité de la boîte cornée sur le pied. Il est constitué de fibres élastiques et d'un riche réseau vasculaire, mais est aussi très innervé, comme les autres parties de la membrane kératogène, ce qui leur donne également une fonction tactile. Enfin, le tissu velouté se situe sur la partie solaire de la phalange distale et du coussinet digital, et produit la sole et la fourchette (BARONE, 2010a).

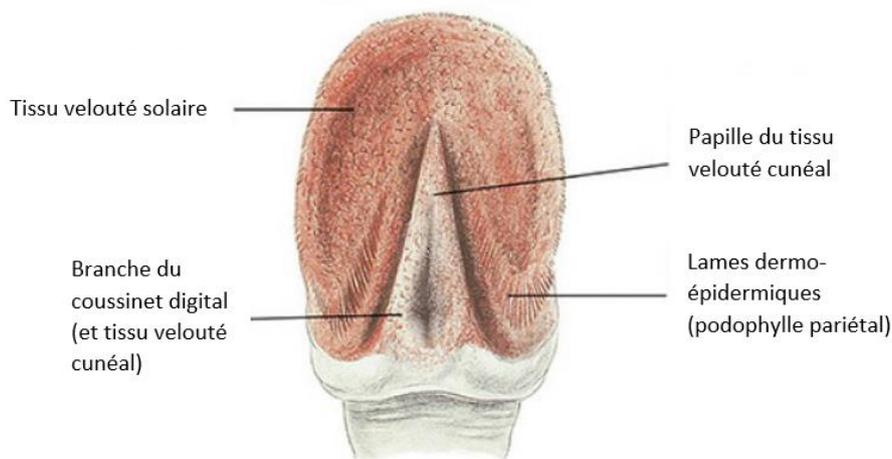


Figure 34 : Vue palmaire du pied, boîte cornée retirée (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017)

d) Les structures internes

i. Os, cartilage et articulations

Le pied du cheval comporte 3 os : la phalange distale, l'extrémité distale de la 2^e phalange et l'os sésamoïdien distal, aussi appelé os petit sésamoïde ou os naviculaire (figure 35).

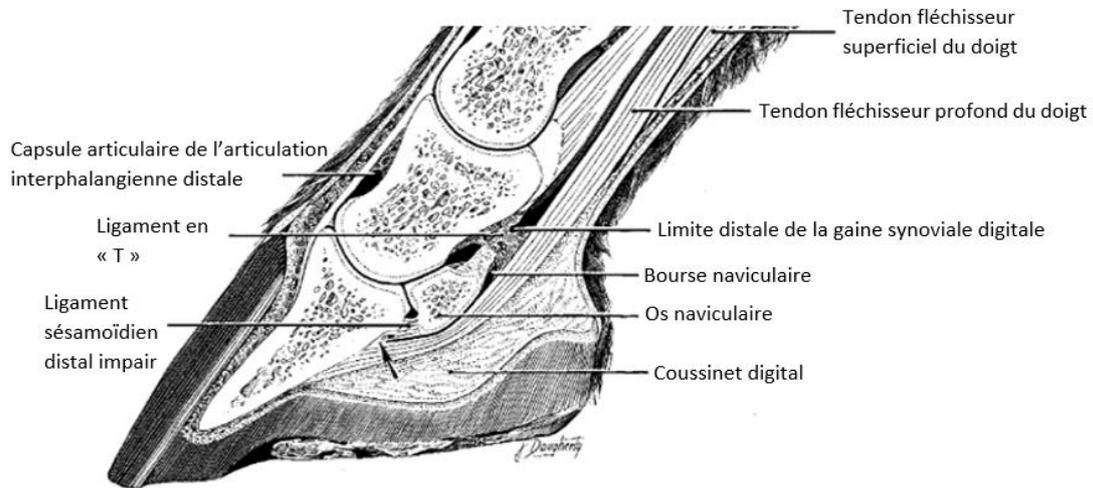


Figure 35 : Coupe sagittale du doigt du cheval (D'après BAXTER, 2020)

La phalange distale est un os court, enfermé dans la boîte cornée. Son bord palmaire/plantaire répond à la sole du sabot, et son bord pariétal ou dorsal est convexe et répond, lui, à la paroi du sabot. Sur chacun de ses processus palmaires ou plantaires s'attache, grâce à 5 ligaments, une lame fibro-cartilagineuse appelée cartilage ungulaire, ou cartilage latéral de la phalange distale (figure 36), qui couvre et protège la base du coussinet digital et s'étend proximale jusqu'au bourrelet coronaire du sabot, où il peut être palpable sous la peau. Chaque cartilage est perforé dans sa moitié palmaire par plusieurs foramens permettant le passage de veines, assurant la connexion entre le plexus veineux coronaire et le plexus veineux palmaire (BAXTER, 2020).

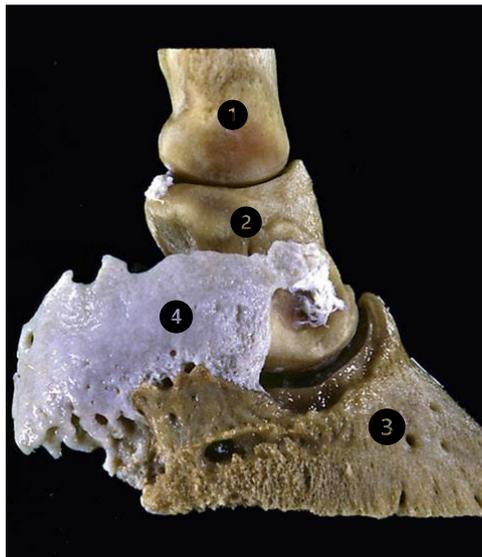


Figure 36 : Cartilage ungulaire (1 : Phalange proximale, 2 : Phalange moyenne, 3 : Phalange distale, 4 : Cartilage ungulaire)(D'après DYCE and SINGH, 2017)

La phalange distale (figure 37) est en contact avec la phalange intermédiaire via l'AIPD, formée par deux cavités glénoïdales séparées par un relief dorso-palmar. L'os sésamoïdien distal (figure 37) est situé au niveau palmaire/plantaire de l'AIPD. Il possède une surface articulaire (facies articularis) et une surface de glissement pour les tendons des muscles fléchisseurs (facies flexoria) (BARONE, 2010b).

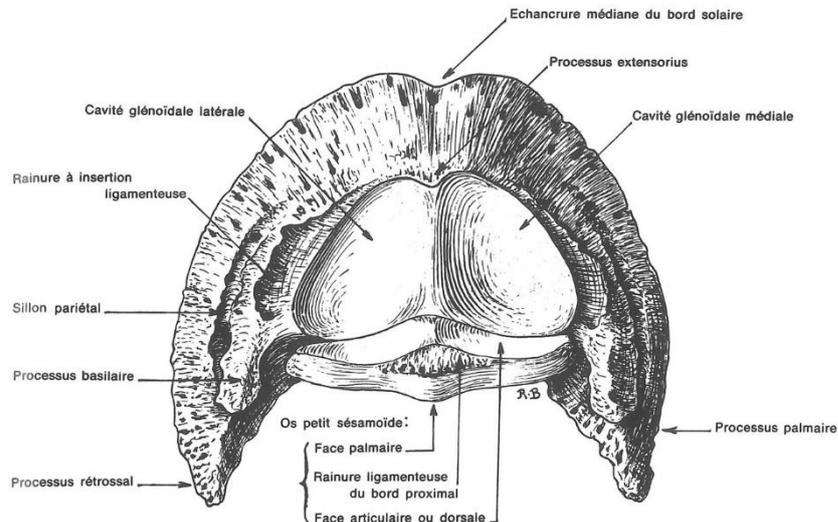


Figure 37 : Vue proximale de la phalange distale et de l'os sésamoïdien distal (BARONE, 2010b)

ii. Tendons et ligaments

Sur ces éléments osseux viennent s'attacher des muscles, nécessaires à la locomotion, par l'intermédiaires de tendons. Les muscles des membres distaux sont retrouvés sous forme de tendons et peuvent être séparés en deux catégories : les tendons des muscles extenseurs du membre en face dorsale, et les tendons des muscles fléchisseurs du membre en face palmaire ou plantaire, de façon assez similaire sur les membres antérieurs et postérieurs (figure 38).

Sur le membre antérieur distal, en partie dorsale, nous avons :

- Le tendon du muscle extenseur dorsal du doigt, qui s'attache sur le bord dorsal et distal de la première phalange, sur le bord dorsal de la deuxième phalange et se termine sur l'extrémité dorsale proximale (processus extensorius) de la phalange distale. Il est renforcé au niveau de la 2^e phalange par les deux branches du muscle interosseux III, entièrement fibreux chez le cheval, et en position dorsale au tendon du muscle fléchisseur profond du doigt. Il est appelé ligament suspenseur du boulet (LSB).
- Le tendon du muscle extenseur latéral du doigt, qui s'insère sur l'extrémité dorsale proximale de la première phalange.

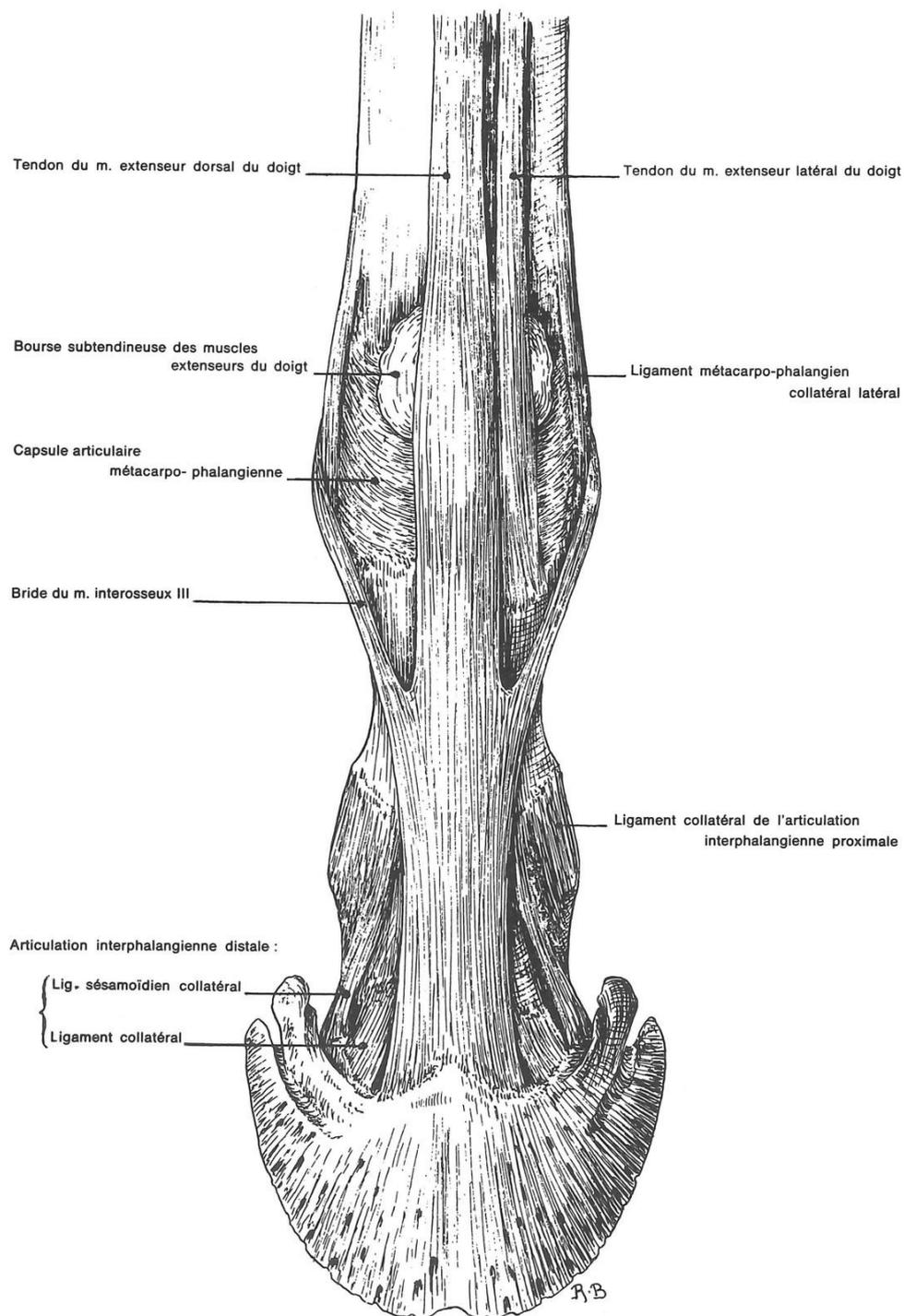


Figure 38 : Vue dorsale du doigt du cheval (BARONE, 2000)

En partie palmaire, on trouve (figure 39) :

- Le tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt (TFSD), ou tendon perforé, qui se sépare en deux branches au niveau de l'extrémité distale de la première phalange, qui vont ensuite s'attacher de part et d'autre des extrémités proximales de la deuxième phalange.

- Le tendon du muscle fléchisseur profond du doigt (TFPD), ou tendon perforant, qui est dorsal au tendon perforé. Il passe entre les deux branches du perforé et s'élargit pour former l'aponévrose palmaire, qui glisse sur la face palmaire de l'os sésamoïdien distal, grâce à une bourse subtendineuse (bourse podotrochléaire, aussi appelée bourse naviculaire). Son attache distale se situe sur la face palmaire (ligne semi-lunaire) de la troisième phalange.

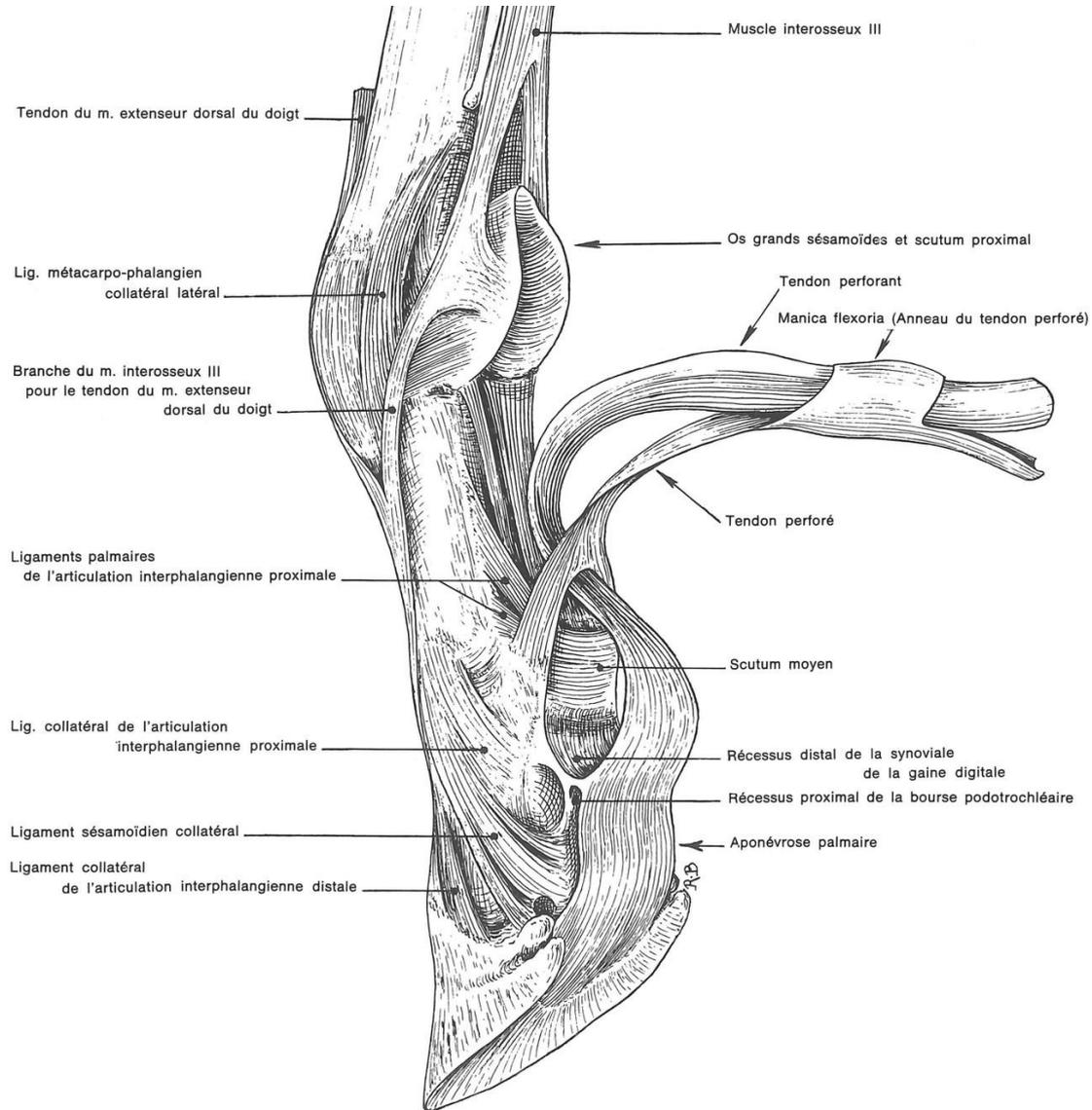


Figure 39 : Terminaisons des tendons fléchisseurs du doigt du cheval (BARONE, 2000)

D'autres structures, appelées ligaments, attachent les os entre eux et permettent aux différents segments osseux de s'articuler entre eux. Un ou plusieurs ligaments peuvent être présents au niveau de chaque articulation. Les ligaments présents au niveau du pied distal peuvent présenter des lésions lors d'affections locomotrices. On y trouve :

- Les ligaments collatéraux de l'AIPD, un latéral et un médial, qui s'attachent sur les bords de l'extrémité distale de la 2e phalange et se terminent à la base du processus extensorius de la phalange distale (figure 40)

- Le ligament sésamoïdien distal, qui s'insère sur la face palmaire de l'os sésamoïdien distal et sur la face palmaire de la troisième phalange (figure 41).
- Les ligaments sésamoïdiens collatéraux de l'AIPD, un latéral et un médial, qui s'étendent du bord distal correspondant de la phalange proximale, au bord proximal de l'os sésamoïdien distal (figure 41).

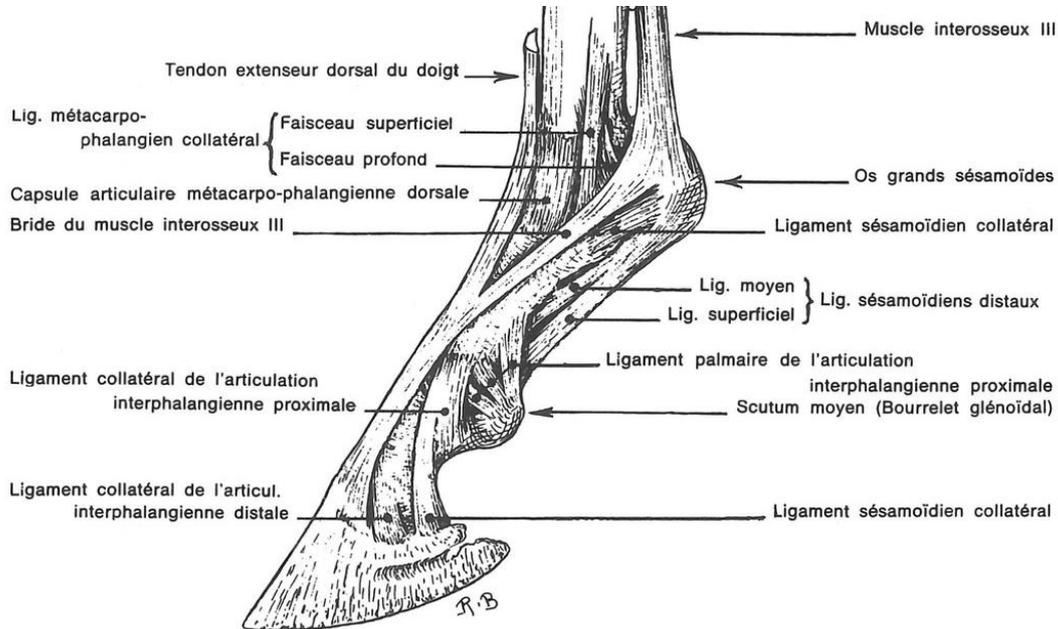


Figure 40 : Les ligaments du membre antérieur distal, vue latérale (Barone, 2000)

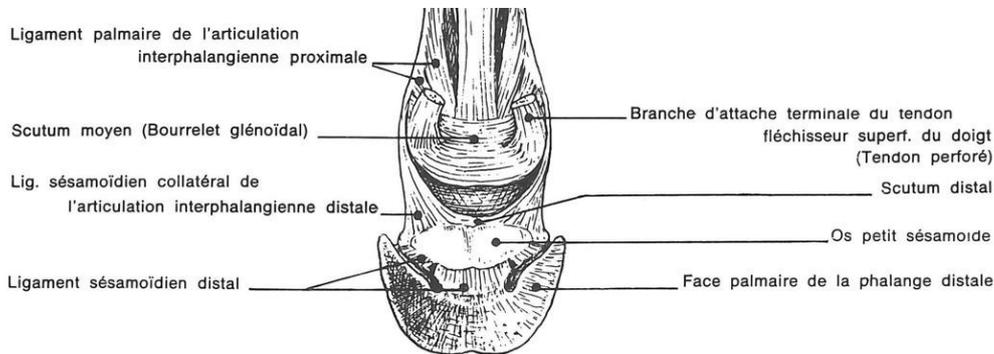


Figure 41 : Les ligaments du membre antérieur distal, vue palmaire (Barone, 2000)

Pour le membre postérieur distal, on retrouve les mêmes structures, avec une distinction pour les tendons des muscles extenseurs du doigt : on retrouve seulement en partie distale le tendon du muscle extenseur long du doigt (renforcé dans le tiers proximal du métatarse par le muscle extenseur court du doigt, et le tendon du muscle extenseur latéral du doigt), qui se termine sur les mêmes zones d'insertion que le tendon du muscle extenseur dorsal du doigt sur le membre antérieur (BARONE, 2000).

iii. Vascularisation et innervation

Le pied est irrigué principalement par les artères et veines digitales propres palmaires/plantaires latérale et médiale (figure 42). Celles-ci vont donner des rameaux dorsaux irriguant la partie dorsale du pied (BUDRAS, SACK and ROCK, 2008).

Le pied est innervé par les nerfs digitaux propres palmaires/plantaires latéral et médial, chacun prolongé en région dorsale par un rameau dorsal (figure 42). Ceux-ci innervent la peau de la surface dorsale du doigt, le derme limbique du bourrelet et le derme sous-unguéal de la pince du sabot. Les autres rameaux des nerfs digitaux propres palmaires/plantaires se distribuent au TFPD, au coussinet digital, aux articulations interphalangiennes, au cartilage unguéal, au podophylle, au tissu velouté, à la phalange distale et à l'os sésamoïdien distal (BARONE, 2010a).

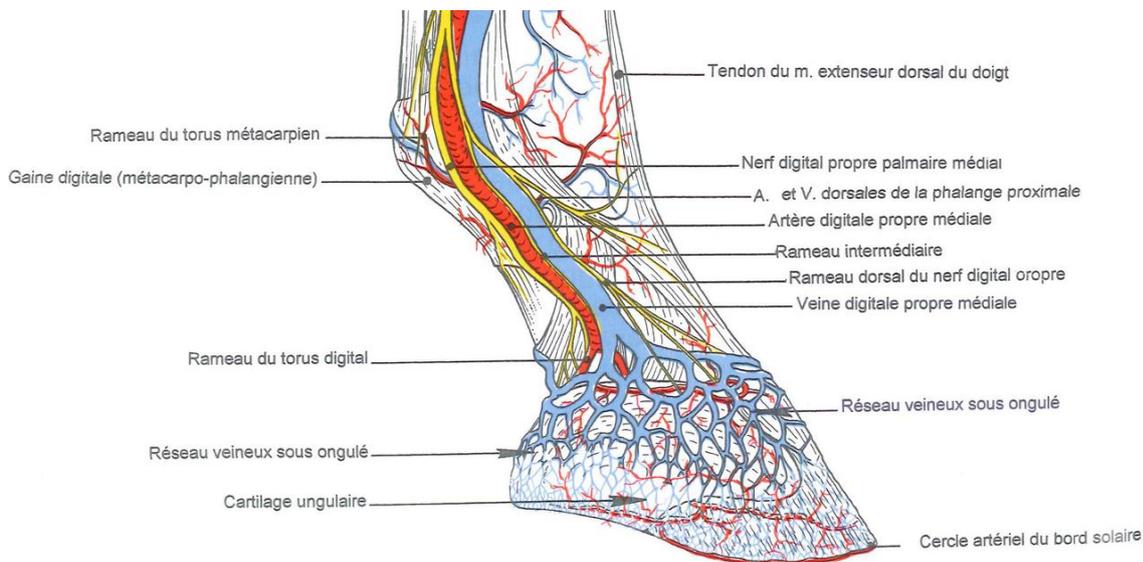


Figure 42 : Vascularisation et innervation du doigt du cheval (vue médiale, membre antérieur) (D'après BARONE, 2012)

2. Notions de biomécanique du pied

Les différentes structures anatomiques du pied du cheval décrites précédemment subissent de fortes contraintes lors de l'appui au sol. Celui-ci est défini par la phase de contact du pied avec le sol, et se divise en trois parties : l'amortissement (phase initiale de l'appui), le soutènement (mise en charge du membre) et la propulsion (projection de la masse vers le haut) (LAUNOIS *et al.*, 2012).

Lors de l'impact, le pied subit le choc et les vibrations générées par celui-ci. Il a été montré qu'à 35km/h, il supporte des cycles de mise en charge d'environ une tonne et des cisaillements longitudinaux d'environ 300kg répétés deux fois par seconde. Il est donc important de connaître les phénomènes physiologiques et les facteurs d'influence mis en jeux lors du mouvement pour améliorer la prévention et le traitement des lésions associées à ces contraintes (CHATEAU *et al.*, 2009).

Ainsi, pour comprendre la biomécanique du pied du cheval lors de l'appui, il faut prendre en compte trois aspects (CHATEAU *et al.*, 2009) :

- Les sollicitations mécaniques, ou forces s'exerçant sur le pied lors de l'appui
- Les déformations de la boîte cornée et son amortissement
- Les contraintes ostéoarticulaires

a) Les forces s'exerçant sur le pied lors de l'appui

La prise de contact initiale se fait par les talons ou le pied à plat, rarement par la pince, et dépend de la vitesse, de l'allure, du parage et de la ferrure. En effet, avec une pince longue, le contact initial se fait plus fréquemment par celle-ci. A l'inverse, le pied touche le sol par les talons d'autant plus que ceux-ci sont hauts.

La nature de l'impact détermine ensuite la bascule du pied vers l'avant. Par exemple, des talonnettes entraînent une prise de contact par l'arrière du pied, et entraînent une augmentation de l'amplitude de la bascule, qui s'accompagne d'une brusque flexion de l'AIPD.

Lors de la phase de poser du pied, le choc de l'impact engendre une force de réaction au sol, qui possède deux composantes : une composante verticale et une composante horizontale longitudinale, qui réduisent la vitesse du pied jusqu'à la rendre nulle. Ce choc peut être divisé en deux périodes. Tout d'abord, une période passive : le pied percute le sol à pleine vitesse et l'amplitude du choc engendré est liée aux caractéristiques mécaniques des matériaux qui entrent en contact (ferrure, conditions d'entretien et teneur en eau des pistes). Puis, une période active, phase de freinage et de glissement du pied, où les forces de frottement exercées entre le pied et le sol augmentent avec le soutènement progressif du pied, et mènent à l'arrêt complet de celui-ci au sol. Ces forces de freinage dépendent des caractéristiques du sol. En effet, elles sont diminuées sur sol souple. Sur sol dur, on observe un glissement longitudinal du pied vers l'avant avant son arrêt complet. Lors de cette phase, des vibrations sont générées par le choc et le glissement, et leur amplitude dépend elle aussi des caractéristiques du sol : plus il est dur et rugueux, plus les vibrations seront de haute fréquence. La jonction lamellaire kéraphylle-podophylle revêt ici son importance, en jouant le rôle de filtre passe-bas et en atténuant la propagation de ces vibrations de haute fréquence.

Enfin, lors de la phase de soutènement et de propulsion, la force verticale s'intensifie jusqu'à la moitié de la phase d'appui, avant de diminuer jusqu'au décollement du pied. La composante horizontale est d'abord positive jusqu'à 60% de la phase d'appui et correspond à la force de freinage décrite ci-dessus, avec un vecteur dirigé vers l'avant, puis devient négative et correspond à la force de propulsion, avec un vecteur dirigé vers l'arrière (CHATEAU *et al.*, 2009).

b) L'amortissement et les déformations de la boîte cornée

Lors de l'appui, des mécanismes d'amortissement du choc entrent en jeu, faisant intervenir différentes structures.

En particulier, la troisième phalange subit un déplacement distal sous l'effet des pressions exercées sur sa surface articulaire, entraînant notamment une diminution de la concavité de la sole. Les forces exercées sur la phalange distale sont déviées vers la paroi grâce à l'interface podophylle-kéraphylle, qui permet la suspension de la phalange dans la boîte cornée, et limite puis arrête sa

descente. De plus, les talons s'écartent, ce qui diminue la pression entre eux et engendre une expansion du coussinet digital ainsi qu'un abaissement et un élargissement transversal de la fourchette. Les barres jouent ici le rôle d'un ressort, en limitant l'écartement des talons et en favorisant leur rapprochement en fin d'appui. Le bourrelet coronaire, lui, se trouve comprimé et s'infléchit vers l'intérieur.

Enfin, les déformations de la boîte cornée ont comme répercussion sur les cartilages unguulaires d'engendrer, lors de la succession des phases d'appui-phases au soutien pendant le mouvement du cheval, une alternance de compression et d'expansion des plexus veineux qui tapissent les faces superficielle et profonde de ces derniers. Cela chasse le sang des plexus de façon intermittente et répétitive, à la manière d'une pompe, ce qui est favorable à la perfusion du pied, et stimule ainsi la production de corne par la membrane kératogène (CHATEAU *et al.*, 2009; LAUNOIS *et al.*, 2012).

En l'absence de sollicitation régulière de cette pompe, les parties postérieures du pied s'atrophient, et on observe alors un resserrement des talons accompagné d'une atrophie de la fourchette, un creusement de la sole et une élévation des talons (encastelure). Les cartilages unguulaires peuvent également s'ossifier dans la partie voisine de la phalange. Cette maladie est nommée « forme cartilagineuse », et peut amener à une perte d'élasticité des cartilages, donc de leur fonction de pompe et provoquer des boiteries (BARONE, 2010a). Inversement, lors d'une charge excessive sur le pied, la croissance de la corne devient moindre et on observe alors un abaissement des talons (LAUNOIS *et al.*, 2012).

c) Les contraintes ostéoarticulaires

Lors de l'appui, des contraintes s'exercent sur l'AIPD. En effet, sur sol dur et au pas, elle subit son maximum d'extension au moment de la verticalisation du membre, ce qui met en tension le TFPD, plusieurs ligaments, et compresse l'os sésamoïdien distal contre la face palmaire de la phalange moyenne. Ces contraintes dépendent de l'élévation des talons et de la pince, qui peut être modifiée par des fers spécifiques. Par exemple, avec des talonnettes, les talons se trouvent surélevés, et on observe une augmentation de la flexion maximale et une diminution de l'extension maximale de l'AIPD, et inversement avec une élévation en pince. Ces modifications peuvent être utilisées en particulier dans le traitement du syndrome podotrochléaire, que nous détaillerons par la suite, et qui se manifeste par une intolérance à l'extension de cette articulation, qu'une élévation des talons permet de soulager.

L'AIPD subit également des mouvements secondaires de latéralité et de rotation axiale, qui permettent au pied de s'adapter aux irrégularités du sol et à la dissymétrie de l'appui lors de trajectoires en courbes ou en cercle. Sur le cercle, ces sollicitations sont maximales en fin d'appui, et au moment du décollement des talons, le pied subit une brusque rotation latérale permettant le réalignement des phalanges (figure 43).

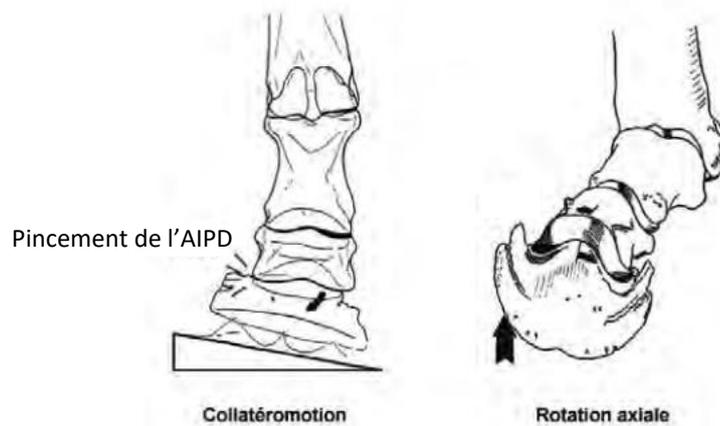


Figure 43 : Influence de l'appui dissymétrique sur les mouvements de latéralité et de rotation axiale de l'articulation interphalangienne distale (D'après CHATEAU et al., 2007).
 A gauche : pincement de l'interligne artriculaire (collatéromotion) et un glissement du côté de l'élévation du pied et à droite : rotation axiale dans le sens opposé.

Cependant, si ces sollicitations sont importantes (par exemple sur un cercle serré), les contraintes exercées sur le cartilage articulaire et les ligaments sont intensifiées, en particulier sur le pied à l'intérieur du cercle, et sont contre-indiquées pour un cheval souffrant d'arthropathie interphalangienne distale. Ici encore, le fer à son importance, et peut avoir des effets autant bénéfiques que délétères sur l'articulation. Par exemple, un fer avec des crampons s'oppose au mouvement de rotation latérale du pied lors du décollement des talons, et amplifie alors les contraintes latérales sur l'articulation. En revanche un fer avec une branche arrondie peut faciliter les mouvements de rotation du pied et ainsi soulager l'articulation (CHATEAU *et al.*, 2009).

d) Effet du fer à cheval sur la biomécanique du pied

Le fer a un impact sur la biomécanique du pied, du fait de son poids, mais aussi du fait de ses caractéristiques propres (forme, matière...).

Tout d'abord, le poids du fer augmente l'effet de l'inertie sur le pied, c'est-à-dire qu'il diminue l'aptitude du pied à résister à la vitesse à laquelle il se déplace. D'autres effets influençant la démarche sont constatés, en lien avec le poids du fer, avec notamment une augmentation de la charge du membre, une rotation axiale du sabot légèrement plus rapide, une élévation du sabot plus importante lors de la phase de non-appui, et une augmentation jusqu'à 14% de la force exercée par le TFPD sur l'os sésamoïdien distal. De plus, le fer peut modifier les caractéristiques de l'impact. En effet, on observe une augmentation de l'intensité du choc, sans pour autant avoir de répercussion sur la partie proximale du membre. Quant au freinage, il peut être affecté par la matière composante du fer, augmentant ou diminuant les forces de freinage sur le pied. Le cheval doit donc adapter sa démarche en fonction de l'adhérence du fer au sol pour maintenir son temps et sa distance de glissement constante avant l'arrêt complet du pied.

La ferrure peut également modifier l'orientation du pied dans le plan sagittal ou le plan frontal, pour traiter une orientation pathologique. Tout d'abord, les changements pathologiques du pied dans le plan sagittal peuvent se faire en direction dorsale, avec par exemple le « pied-bot » (figure 44), qui

correspond à un défaut d'extension de l'AIPD due à une contracture du TFPD. Ils peuvent se faire également en direction palmaire avec notamment l'affection dite du « pied plat », ou pied long et bas-jointé, caractérisé par des talons bas et une pince longue. Dans les deux cas, on observe une brisure de l'axe phalangien (ELIASHAR, 2007).

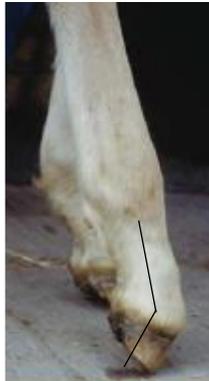


Figure 44 : Pied bot (Photographie prise à Vetagro Sup)
Brisure de l'axe phalangien vers l'avant

Imaginons ici qu'un pied bien conformé est symbolisé par un triangle isocèle, reliant le centre de l'AIPD et les points de bascules antérieure (la pince) et postérieure (les talons) (figure 45) (O'GRADY, 2009).

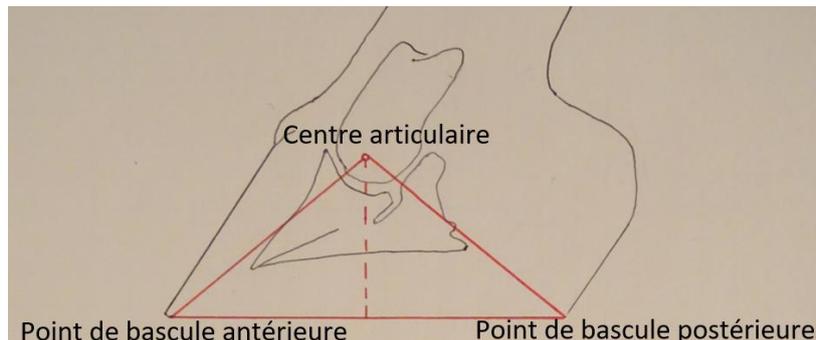


Figure 45 : Tracé d'un triangle isocèle reliant le centre articulaire de l'articulation interphalangienne distale et les points de bascule antérieure et postérieure, vue latérale (Source : M.C.)

Si le triangle n'est pas isocèle, on peut rééquilibrer le pied à l'aide de la ferrure, par exemple avec une extension en pince ou en talons, une pince relevée ou des talonnettes. De même, dans le plan frontal, la ferrure peut être utilisée pour contrer une bascule médio-latérale pathologique. Reprenons ici notre triangle isocèle, reliant cette fois le centre interphalangien distal et les points de bascules latérale et médiale représentés par le point le plus latéral et le point le plus médial de la surface d'appui (figure 46).

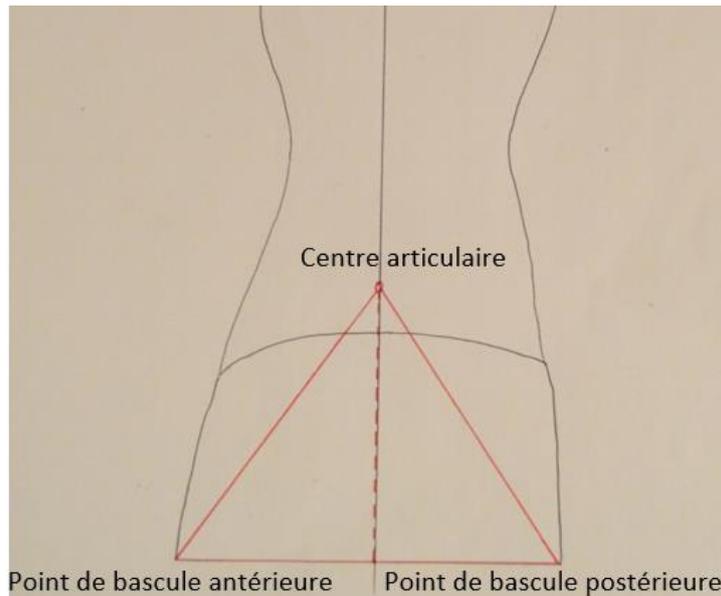


Figure 46 : Tracé d'un triangle isocèle reliant le centre articulaire de l'articulation interphalangienne distale et les points de bascule antérieure et postérieure, vue dorsale (Source : M.C.)

Si le triangle n'est pas isocèle, par exemple dans le cas de « talons cisailés », ou « sheared heels », où la hauteur des talons est inégale, due à une différence de l'intensité des forces exercées sur les deux talons (figure 47), la ferrure peut rééquilibrer le pied en ajoutant de la garniture d'un côté du fer et une branche biseautée de l'autre. (O'GRADY and CASTELIJNS, 2011).



Figure 47 : Sheared heels (vue palmeraie)(D'après O'GRADY and CASTELIJNS, 2011)

Enfin, les ferrures orthopédiques ont des effets mécaniques sur les différentes structures du pied, en particulier l'AIPD, les tendons fléchisseurs superficiel et profond et le LSB. Plusieurs études ont en effet montré qu'élever les talons mène à une flexion de l'AIPD d'environ 1° pour chaque augmentation de la hauteur de 1°. Ainsi, l'élévation des talons augmente la pression au niveau de l'AIPD et peut ainsi altérer la surface de contact articulaire.

On observe également, lors de l'élévation des talons, une augmentation de la tension du LSB, une diminution de la tension du TFPD et de son ligament accessoire, et en conséquence, une diminution de la force exercée sur l'os naviculaire, directement liée à la tension du TFPD. A l'inverse, une élévation de la pince crée une extension de l'AIPD, une diminution de la tension du TFSD et du LSB, et une augmentation de la tension du TFPD (ELIASHAR, 2007).

Ainsi, la connaissance de la biomécanique du pied du cheval est primordiale pour traiter adéquatement les affections du pied grâce à la maréchalerie. Nous allons maintenant détailler les principales affections du pied du cheval.

3. Les principales affections orthopédiques du pied

1. Les anomalies d'aplombs

i. Les déviations dans le plan frontal

Une déviation du membre dans le plan frontal est appelée déviation angulaire, compliquée ou non d'une déviation rotatoire. Deux types de déviations angulaires existent, et sont décrites selon la direction de la déformation et l'articulation touchée :

- Le valgus : Déviation latérale (vers l'extérieur) de la partie distale d'un membre
- Le varus : Déviation médiale (vers l'intérieur) de la partie distale d'un membre

Des déviations rotatoires peuvent s'ajouter et compliquer les déviations angulaires. Deux types sont décrits (figure 48) :

- Le membre panard : Rotation du pied vers l'extérieur, souvent associé au valgus
- Le membre cagneux : Rotation du pied vers l'intérieur, souvent associé au varus



*Figure 48 : Déviations rotatoires du membre chez le cheval. (Photographies prises à Vetagro Sup)
A gauche : cheval cagneux, à droite : cheval panard*

Ces déviations peuvent être d'origine congénitale et liées à différents facteurs de risques : ossification incomplète à la naissance, traumatismes périnataux des tissus mous et laxités périarticulaires, déformation d'un os long acquise lors de la gestation... Elles peuvent également être acquises lorsque la croissance osseuse est déséquilibrée (excès énergétique ou déséquilibre en

minéraux, prédisposition génétique, poids élevé à la naissance, croissance disproportionnée du cartilage de conjugaison) (AUER *et al.*, 2018; GUILLOT and LALLEMAND, 2019).

Elles sont à l'origine d'une modification du centre de gravité du membre et donc d'une redistribution du poids : lors d'un valgus ou avec un membre panard, la charge est surtout présente en partie latérale du membre, alors qu'elle est médiale lors d'un varus ou avec un membre cagneux (O'GRADY, 2017). Cela peut favoriser l'apparition de certaines affections orthopédiques, telles qu'une desmite des ligaments sésamoïdiens distaux du côté de la charge la plus importante, de l'ostéoarthrose, ou de talons cisailés (O'GRADY and CASTELIJNS, 2011; AUER *et al.*, 2018).

ii. Les déviations dans le plan sagittal

Les déviations de l'aplomb dans le plan sagittal peuvent concerner une ou plusieurs articulations et être unilatérales ou bilatérales. Concernant le pied, on peut différencier le défaut d'extension et le défaut de flexion de l'AIPD. Ces déviations se traduisent par une brisure de l'axe phalangien, en avant pour le défaut d'extension, et en arrière pour le défaut de flexion (figure 49).

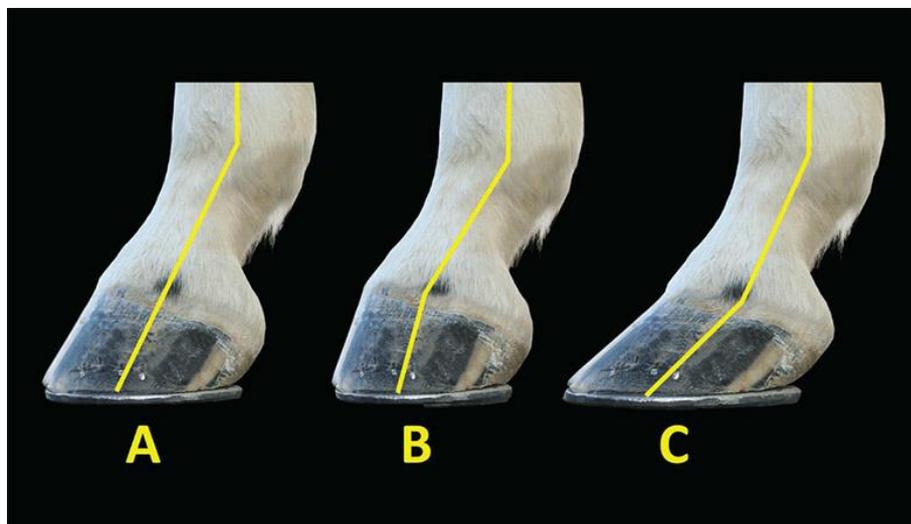


Figure 49 : Axe phalangien. A : Axe phalangien normal, B : Brisure de l'axe phalangien en avant, C : Brisure de l'axe phalangien en arrière (KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017)

Le défaut d'extension correspond à un raccourcissement du TFPD, et est gradé sur une échelle de 1 (contracture légère) à 4 (contracture sévère). On parle couramment de « pied bot » (figure 44). Cette affection est souvent bilatérale, et on l'observe le plus fréquemment sur les antérieurs. Elle engendre de multiples complications sur les différentes structures du pied. Tout d'abord, la bascule du pied vers l'avant augmente la charge sur la pince. Cette pression excessive en pince peut mener à une inflammation des lamelles du podophylle au niveau de la ligne blanche, qui prédispose au développement de seimes, fourmillières et abcès de pied. De plus, l'axe interphalangien est brisé vers l'avant, et cela peut se traduire par la suite par de l'ostéoarthrose de l'AIPD, des lésions ou des fractures de la phalange distale. Enfin, la bascule du pied vers l'avant engendre également une pression excessive sur la bande coronaire, qui peut compromettre le flux sanguin du pied et donc inhiber la croissance de la corne dorsale du sabot. Inversement, les talons ont toujours un flux sanguin adéquat et on observe donc une croissance plus rapide de la corne en talons qu'en pince (KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017).

Le défaut de flexion ou hyperextension digitale est au contraire causé par une hyperlaxité ou une flaccidité des tendons fléchisseurs. L'axe phalangien est brisé vers l'arrière, et on dit que le cheval est « bas-jointé ». Cette affection est le plus souvent trouvée chez les poulains nouveau-nés (figure 50).



Figure 50 : Hyperlaxité tendineuse chez un poulain (D'après AUER et al., 2018)
Brisure de l'axe phalangien vers l'arrière

Dans certains cas, elle peut se corriger spontanément en quelques semaines après la naissance. Cependant, si l'affection est plus sévère, le pied bascule et le poulain prend appui sur ses talons, engendrant ici aussi une série de complications, telles que des érosions ou des escarres et une douleur suffisante pour que le poulain refuse de se lever. De plus, l'hyperextension du pied exerce une forte pression sur la partie palmaire ou plantaire de l'AIPD et une tension sur le TFPD, causant de l'ostéoarthrose et des tendinopathies. De plus, inversement au défaut d'extension, le défaut de flexion favorisera la pousse de la corne en pince et limitera celle de la corne en talons, résultant en des pieds « plats », très longs en pince et aux talons fuyants (figure 51) (KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017).



Figure 51 : Sabot présentant une pince longue et une faible épaisseur de corne en talons (Photographie prise à Vetagro Sup)

Ces défauts d'aplombs dans le plan sagittal peuvent être d'origine congénitale ou acquise, mais la pathogénie n'est pas encore réellement définie. Il existe des facteurs congénitaux potentiellement responsables du développement de ces anomalies d'aplombs tels que des agents tératogènes, un mal

positionnement intra-utérin ou des prédispositions génétiques. De même, pour l'origine acquise, la nutrition (carences en minéraux, changements soudains de la qualité et la quantité de la nourriture, ou une prise de nourriture excessive), une polyarthrite infectieuse ou encore un traumatisme sur le membre sont des facteurs de causalité décrits (AUER *et al.*, 2018).

2. Les affections de la boîte cornée

i. La seime

La seime est une fissure dans la paroi du sabot, la plupart du temps longitudinale et commençant au niveau de la surface solaire et s'étendant vers le bourrelet coronaire (donc du bas vers le haut du sabot, dans le sens des fibres cornées) (figure 52). Elle touche le kéraphylle et peut s'étendre jusqu'au podophylle, auquel cas elle provoquera un saignement visible par la fissure ainsi qu'une boiterie. Elle s'explique souvent par un mauvais entretien des sabots. Les seimes peuvent être situées en pince, et sont dues alors à un sabot trop long et une corne sèche. En talon ou en quartier, elles sont le résultat d'un mauvais parage ou de défauts d'aplombs, altérant la biomécanique sur la paroi. On trouve parfois des seimes commençant proximale, à la suite d'un traumatisme du bourrelet coronaire par exemple (LAUNOIS *et al.*, 2012).



Figure 52 : Exemple de seime en quartier (flèche) (Photographie prise à Vetagro Sup)

ii. La fourmilière

La fourmilière correspond à un décollement de la paroi due à une ouverture accidentelle de la ligne blanche qui s'étend dorsalement à la phalange distale, avec une séparation des couches du kéraphylle, laissant une cavité dans laquelle des débris peuvent s'accumuler et devenir le lit d'une infection, et donc d'un abcès. Elle est secondaire à un parage irrégulier et une mauvaise hygiène des pieds, et favorisée par de mauvaises conditions environnementales (sécheresse ou humidité excessive). Elle peut aussi être secondaire à une fourbure avec bascule de la troisième phalange. Elle peut être diagnostiquée à la faveur d'une boiterie lors des cas de fourmilières infectées, ou bien être une découverte fortuite lors d'un parage du pied, sans autre signe clinique. On observe alors une zone noire creuse au niveau de la ligne blanche (figure 53), qui, lors de l'exploration à la rénette, remonte proximale. On peut également entendre un son mat lors de la percussion de la paroi par un marteau. Dans les cas de fourmilières infectées, l'abcès peut percer en couronne et est alors visible

de l'extérieur. Un examen radiographique peut renseigner sur l'étendue de la lésion, qui sera caractérisée par une zone radio-transparente (noire), dorsalement à la phalange distale (LAUNOIS *et al.*, 2012).

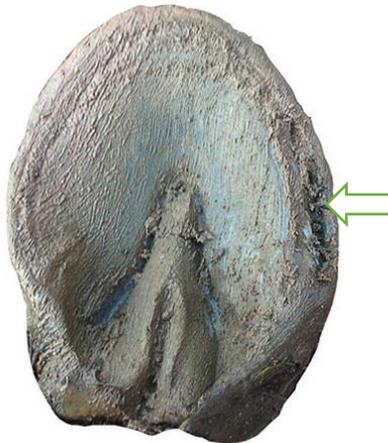


Figure 53 : Vue plantaire d'un sabot atteint de fourmilère (flèche) (D'après KAUFFMANN, CLINE and OVNICEK, 2017)

iii. L'abcès de pied

L'abcès de pied, ou pododermatite septique, est causée par une infection bactérienne au niveau du podophylle, via une fissure en sole ou en muraille, formant parfois une fistule jusqu'en couronne. Les abcès sous la sole sont appelés abcès subsolaires, et les abcès sous la paroi, plus rares, sont appelés abcès subduraux. La figure 54 ci-dessous montre un exemple d'abcès en pince.

Cette infection est observée la plupart du temps dans le cadre d'une ferrure récente (lésion d'un tissu mou par le clou et infection le long de celui-ci), d'un cheval vivant au pré sur un sol présentant des variations d'humidité provoquant des microfissures de la boîte cornée, d'une fourbure chronique, d'une suspicion d'atteinte par un corps étranger (caillou par exemple) ou d'un traumatisme de la boîte cornée (bleime surinfectée). De plus, les chevaux ayant des sabots à pinces longues sont plus enclins à développer des abcès de pied car une séparation se crée entre la paroi et la ligne blanche en pince.

Les signes cliniques sont assez caractéristiques. En effet, on observe une boiterie aiguë et sévère, avec un pied chaud et un pouls digité augmenté (pulsation de l'artère digitale palpée au niveau du boulet), traduisant une inflammation du pied, et un test de la pince* positif. On peut également rechercher une zone dépressible en exerçant une pression avec le pouce. Le déferrage est souvent nécessaire afin de pouvoir examiner et sonder tout le pied, et parfois, lors d'une infection au niveau des clous, du pus peut apparaître par les trous laissés par ceux-ci. Il est donc important de bien parer la sole pour rechercher des voies d'entrées de l'infection (zones noires s'enfonçant dans la sole ou la ligne blanche). Enfin, les sécrétions observées sont indicatives de la profondeur de l'abcès : elles sont gris-noir lorsque l'infection est superficielle, et plus claires et purulentes lors d'une infection des tissus plus profonds (LAUNOIS *et al.*, 2012).



Figure 54 : Abcès de pied en pince avec visualisation de pus (flèche) (Photographie prise à Vetagro Sup)

*Test de la pince à sonder le pied : Il s'agit d'un examen où l'on teste la sensibilité du pied à l'aide d'une tricoise, en exerçant une pression identique sur les différentes parties du sabot (sole, fourchette, talons). Cela permet de localiser une douleur éventuelle dans le pied. Le test est positif si le cheval retire son pied à la suite de la pression de la pince.

iv. La bleime

La bleime est un traumatisme ou contusion de la sole, qui se traduit par une hémorragie entre le podophylle et la corne, localisée la plupart du temps en talons. Cela engendre une boiterie modérée à forte, avec un pied chaud et un pouls digité augmenté, traduisant une inflammation du pied. On observe également une sensibilité de la sole au niveau de la lésion, caractérisée par un test de la pince positif. De plus, le sang présent entre le podophylle et la corne peut parfois être visible extérieurement par transparence de la corne. Cette affection peut devenir chronique chez des chevaux prédisposés, du fait de la conformation de leurs pieds (plats, avec talons fuyants ou peu développés). Enfin, la bleime peut s'infecter et s'abcéder, on parle alors de bleime suppurée (LAUNOIS *et al.*, 2012).

v. Le crapaud

Le crapaud est une affection rare du pied du cheval, et correspond à une prolifération exubérante de la corne, qui devient nécrotique, avec présence d'un exsudat caséux malodorant (figure 55). Son origine est encore incertaine, mais selon certaines études récentes, elle serait en lien avec un virus du type papillomavirus. Elle est également favorisée par un mauvais entretien des pieds. La plupart du temps, le début de l'évolution de la lésion n'est pas accompagné d'une boiterie, mais celle-ci apparaît par la suite (LAUNOIS *et al.*, 2012).



Figure 55 : Crapaud (Photographie prise à Vetagro Sup)

vi. L'encastelure

Le syndrome de l'encastelure est défini par une fermeture progressive des quartiers et des talons, ainsi qu'une perte d'élasticité de ceux-ci, soit une modification des caractéristiques morphologiques et fonctionnelles de la partie palmaire ou plantaire du pied. Cela mène à une compression douloureuse des tissus mous dans le pied. On observe alors des talons collapsés, des glomes comprimés et une fourchette atrophiée (figure 56).

Les causes sont variées et peuvent être congénitales ou acquises. Celles-ci incluent les causes traumatiques, nutritionnelles, l'exercice, ou encore la maréchalerie ou les soins de sabots inadaptés. Lors de l'examen du cheval, on remarque qu'il charge moins de poids dans les talons du sabot affecté. L'AIPD est donc en légère flexion, et le boulet est moins bas que les boulets des membres sains. Lors d'encastelure antérieure bilatérale, le polygone de sustentation est réduit, et le cheval place ses antérieurs sous sa masse corporelle, pour soulager ses talons. De plus, les glomes sont bombés, parfois douloureux, et les cartilages unguulaires sont palpables. La fourchette est atrophiée et ses lacunes se creusent, du fait de l'absence de fonctionnalité de la partie palmaire du sabot. Ainsi, l'élasticité du pied est réduite, rendant le mécanisme d'absorption des impacts défectueux. Cependant, l'encastelure ne provoque pas nécessairement de boiterie, mais elle limite le potentiel sportif du cheval en modifiant la biomécanique du pied (ROSELLO and PARICIO, 2017).



Figure 56 : Pied encastelé (fourchette atrophiée et talons serrés) (Photographie prise à Vetagro Sup)

vii. Le javart cartilagineux

Le javart cartilagineux est une infection du cartilage ungulaire, caractérisée par une nécrose de celui-ci et la présence de multiples fistules, se traduisant par une boiterie et une suppuration chronique en couronne au niveau des quartiers et des talons. Les cartilages latéraux des membres antérieurs sont le plus souvent touchés (LAUNOIS *et al.*, 2012).

Cette affection était commune jusqu'au début du XXe siècle, mais est aujourd'hui rare en raison de la mécanisation des transports et de l'agriculture (DEGUEURCE and RIFFAUD, 2012).

3. Les affections des structures internes du pied

i. L'arthrose de l'articulation interphalangienne distale

Les arthropathies inter-phalangiennes distales sont relativement fréquentes, parfois sévères et leur nature est différente selon l'âge du patient. Chez le poulain, on trouve surtout des affections ostéo-articulaires juvéniles tels que des fragments ostéochondraux articulaires et des kystes osseux sous-chondraux, avec des manifestations cliniques variables, parfois sans boiterie. Chez l'adulte, des lésions chroniques et dégénératives sont majoritairement objectivées, caractérisées par une dégradation progressive du cartilage articulaire entre la deuxième et la troisième phalange. Cette dégradation du cartilage peut être favorisée par des mouvements complexes tels que la collatéromotion, le glissement, la rotation dans le plan frontal, des appuis asymétriques. Le cheval présente alors une boiterie aiguë ou d'apparition plus lente, aggravée sur sol dur, et qui peut devenir chronique. Ici, l'anesthésie loco-régionale ou anesthésie sémiologique, qui consiste à insensibiliser sélectivement un territoire pour objectiver le site d'origine d'une douleur responsable de boiterie, a toute son utilité pour cette maladie, car l'anesthésie du pied supprime la boiterie. De plus, à la palpation, on peut noter une distension de l'AIPD, au niveau de la couronne. Enfin, l'examen radiographique du pied peut mettre en évidence des signes de remodelage de l'articulation lors de cas avancés, avec présence d'ostéophytes et enthésophytes autour de celle-ci, de la sclérose ou de l'ostéolyse de l'os sous-chondral, et un épaississement des tissus mous en région dorsale (figure 57). L'IRM haut-champ reste l'examen idéal pour identifier les lésions (GEOFFROY, 2003; MAURIN, 2017).



Figure 57 : Radiographie de pied (vue latéro-médiale) : Arthropathie interphalangienne distale (Cliché pris à Vetagro Sup)
Ostéophytes aux marges articulaires dorsales et palmaires (cercles)

ii. Le syndrome podotrochléaire

Le syndrome podotrochléaire désigne une atteinte dégénérative caractérisée par une douleur en région palmaire ou plantaire du pied. Différents processus pathologiques sont mis en jeu, affectant la région sésamoïdienne distale, qui comprend plusieurs structures : os naviculaire, bourse podotrochléaire, AIPD, ligaments sésamoïdiens distaux, extrémité distale du TFPD.

L'étiologie exacte reste encore indéterminée, mais deux composantes majeures sont avancées : les théories mécaniques et les théories vasculaires. De plus, certains facteurs prédisposent un cheval à développer un syndrome podotrochléaire, tels que :

- L'âge et le sexe : âge moyen, mâle castré.
- La race : Quarter Horse, Pur-Sang, Warmblood.
- Le travail : travail irrégulier, saisonnier, sur un sol dur, ou avec des arrêts rapides ou des changements brusques de direction comme le Western ou le saut, provoquant un stress important sur l'os naviculaire et les structures adjacentes.
- La conformation du pied : pied long et bas-jointé (excès de descente du boulet causée par une hyper-extension de l'articulation carpo/tarso-métatarsienne) avec une pince longue et des talons bas, augmentant la pression sur les structures naviculaires.

Le syndrome podotrochléaire se présente comme une boiterie intermittente, progressive, chronique, le plus souvent des antérieurs, unilatérale ou bilatérale, ou encore en alternance sur les deux antérieurs. Elle est aggravée à froid et après un travail important. Le propriétaire peut parfois penser que la douleur provient de l'épaule, et peut rapporter que le cheval fait souvent des refus à l'obstacle, que la foulée est irrégulière, ou qu'il est difficile de changer de pied.

Ensuite, lors de l'examen statique du cheval, on peut tout d'abord noter que celui-ci place son pied atteint en avant, pour soulager la région naviculaire. De plus, une asymétrie musculaire avec une amyotrophie sur le membre atteint peut être notée, reflet de la chronicité de l'affection. On peut également relever une asymétrie des pieds, avec le pied atteint plus étroit, plus vertical avec des talons hauts et contractés, une sole plus concave et une usure en pince car le cheval pose prioritairement le pied en pince pour éviter toute pression en fourchette qui, à son tour, exercerait

une pression sur le système naviculaire. A l'examen dynamique, la phase postérieure de la foulée peut être raccourcie, toujours dans l'optique pour le cheval de soulager la région naviculaire. De plus, la boiterie est aggravée sur le cercle à main correspondante, et la flexion digitale est positive* dans 80% des cas. Le vétérinaire peut réaliser d'autres tests pour compléter le diagnostic, tels qu'une anesthésie digitale distale, une anesthésie intra-articulaire de l'AIPD, ou des examens d'imagerie (radiographies, échographies, IRM) mettant en évidence des lésions des structures naviculaires. A la radiographie, on pourra observer une sclérose de l'os médullaire de l'os naviculaire, des kystes naviculaires, des enthésophytes et ostéophytes, ou encore une minéralisation des ligaments sésamoidiens (figure 58). L'échographie, réalisée avec un abord par le creux du pâtureon ou à travers la fourchette, permet de relever des lésions du TFPD et de la bourse naviculaire, mais cet examen est limité par la boîte cornée. L'IRM est l'examen le plus adapté car il permet de visualiser toutes les structures en détail (LAUNOIS *et al.*, 2012; BAXTER, 2022).

*Test des flexions : Un manipulateur soulève et garde fléchi une ou plusieurs articulations du membre voulu pendant une minute, ce qui met en contrainte les structures impliquées au niveau de cette articulation, puis on impose au cheval un départ au trot immédiat, et si la boiterie est accentuée, on dit que la flexion est positive.



Figure 58 : Exemple de lésion de l'os naviculaire : Vue dorsoproximale-palmarodistale oblique du pied. Multiples kystes osseux sur le bord distal (cercle) et remodelage osseux sur le bord proximal de l'os naviculaire (flèches). (D'après BAXTER, 2022)

iii. La fourbure

La fourbure est une maladie inflammatoire, définie par la manifestation locale d'un désordre métabolique général. Elle est caractérisée par la séparation nécrotique du podophylle et du kéraphylle, résultant en une perte de cohésion entre le sabot et la phalange distale. La pathogénie complète est encore incertaine mais plusieurs facteurs interviennent :

- Facteurs vasculaires : Ischémie-reperfusion du pied et ouverture d'anastomoses artérioveineuses au niveau du bord coronaire. Cela empêche une bonne vascularisation du pied.

- Facteur enzymatique : Destruction des lamelles du podophylle.

Cette désolidarisation entre la boîte cornée et la phalange distale, accompagnée de la traction du TFPD sur celle-ci, entraîne une descente ou une rotation de la phalange distale dans le sabot, parfois jusqu'à la perforation de la sole, crânialement à la pointe de la fourchette. Elle affecte surtout les sabots antérieurs, parfois les quatre membres et rarement les postérieurs. Il existe des éléments prédisposants à la fourbure, tels que la race (les poneys sont plus sensibles que les chevaux), le surpoids et le sexe (les femelles sont plus sensibles que les mâles) (MAURIN, 2017). D'autres facteurs favorisent l'apparition d'une fourbure, telles que (LAUNOIS *et al.*, 2012; MAURIN, 2017) :

- Des facteurs alimentaires : excès brutal d'aliments concentrés (grains), pâture grasse, changements alimentaires.
- Des facteurs digestifs : coliques, entérite.
- Des facteurs infectieux : entérotoxémie, colite, métrite, rétention placentaire, septicémie.
- Des facteurs métaboliques : hyperlipémie.
- Un excès de corticoïdes : origine iatrogène, syndrome de Cushing.
- Des facteurs mécaniques : suppression d'appui prolongé (fracture, boiterie sévère) avec fourbure sur le membre opposé en conséquence, travail prolongé sur sol dur, obésité, parage excessif.

A l'examen général, on trouve les symptômes de l'affection primitive (digestifs, génitaux, respiratoires, locomoteurs), des manifestations de douleur (tachycardie, tachypnée, hyperthermie, fasciculations musculaires, réticence à se déplacer...) ainsi qu'une attitude caractéristique du cheval fourbu, c'est à dire les pieds atteints placés en avant pour reporter le poids sur les talons et soulager la pince (figure 59) (POLLITT, 2008; LAUNOIS *et al.*, 2012).



Figure 59 : Posture caractéristique du cheval atteint de fourbure (du membre antérieur droit ici) (Photographie : M.C.)

Pour évaluer la sévérité de la fourbure, Obel a établi une classification en 1948 (WAGNER and HEYMERING, 1999; MAURIN, 2017):

- Grade 1 : Piétinement au repos, signes d'inconfort, absence de boiterie.
- Grade 2 : Le cheval se déplace avec précaution, avec des foulées raccourcies et un poser du pied anticipé. Il donne volontiers ses pieds.
- Grade 3 : Le cheval ne se déplace pas spontanément, donne difficilement ses pieds, reporte son poids sur ses talons.

- Grade 4 : Le cheval refuse de se déplacer et de donner ses pieds, décubitus fréquent.

Ensuite, l'examen des pieds permet notamment de distinguer la phase aiguë de la phase chronique de la fourbure. Lors de la phase aiguë, le pied atteint est chaud avec un pouls digité augmenté (ouverture des shunts artério-veineux), et une dépression de la bande coronaire est palpable lors de la descente de la phalange distale dans la boîte cornée. La sole est également sensible en pince lors du test de la pince.

Lors de la phase chronique, on peut observer un bombement de la sole en avant de la fourchette (sole déformée par la troisième phalange basculée), qui peut évoluer ensuite en une fissure voire une perforation de la sole par la phalange distale. Lors de cette phase, des abcès de pied ou des fourmières apparaissent fréquemment. On observe également une pousse du pied anormale, avec un aspect concave de la paroi dorsale du pied et la présence de stries divergentes de la pince aux talons (l'écart des stries est plus grand en talons qu'en pince, alors qu'elles sont parallèles chez un cheval sain) (LAUNOIS *et al.*, 2012; MAURIN, 2017).

L'examen radiographique du pied est indispensable pour évaluer le degré de bascule et/ou de descente de la troisième phalange dans la boîte cornée, qui peut avoir lieu dès la phase aiguë (figure 60).



Figure 60 : Cliché radiographique (vue latéro-médiale) d'un pied fourbu : déplacement distal et rotation modérée de la troisième phalange. La flèche blanche met en évidence un espace au niveau de la bande coronaire, se traduisant par une dépression à la palpation. La flèche bleue désigne l'espace radio transparent créé entre le podophylle et le kéraphylle (D'après BELKNAP and GEOR, 2017)

Troisième partie : Comparaison des fers anciens du musée de Vetagro Sup avec les fers actuels, et description de leurs intérêts dans le traitement orthopédique des principales affections du pied du cheval

1. Matériel et méthode

a) Sélection des catégories de fers à étudier

Le musée de Vetagro Sup possède de nombreux fers, mais il a été choisi de s'intéresser uniquement aux fers répertoriés dans la littérature du XXe siècle, ayant une utilité dans le traitement orthopédique des principales affections du pied du cheval, et préférentiellement aux fers les plus couramment utilisés.

La liste des fers est la suivante :

- Fer à une éponge tronquée
- Fer à deux éponges tronquées
- Fer à ressort
- Fer à plaque fixe
- Fer à plaque mobile
- Fer à planche
- Fer à double planche
- Fer asymétrique à une branche couverte
- Fer à pince prolongée ou fer à la florentine
- Fer à plaque prolongée en talons
- Fer à une éponge couverte
- Fer à oignons
- Fer à éponges obliques
- Fer à pinçons obliques
- Fer couvert

b) Sources d'informations

Les informations nécessaires à la reconnaissance et à la classification des fers anciens ont été recueillies dans la littérature disponible du XXe siècle concernant la maréchalerie, puis celles concernant les fers modernes proviennent de la littérature actuelle (thèses vétérinaires, précis de maréchalerie, guide pratique d'orthopédie...). Les sources utilisées pour chaque fer sont exposées en bas de chaque fiche correspondante.

c) Réalisation des fiches

Les fiches ont été réalisées sur le logiciel Microsoft® Word® 2010. Elles décrivent d'abord le fer ancien sur une ou deux pages avec plusieurs parties :

- Description
- Effets biomécaniques sur le pied du cheval
- Intérêts dans le traitement orthopédique
- Limites

Des photographies des fers du musée sont accolées au texte pour faciliter la compréhension.

Voici un exemple ci-dessous (figure 61) :

Le fer à plaque entalonnée



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit simple
- ❖ Matière : fer
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ Plaque fixe en tôle. Pouvait exister en cuivre, cuir ou en fer.
- ❖ Plaque fixée en pince par un système d'encoche et par un rivet de 1 cm de hauteur sur chaque talon et incurvée en talons et remontant jusqu'au-dessus des glomes

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Protection de la face plantaire du pied et des talons contre les aspérités du terrain
- ❖ Atténuation de la sensibilité de la sole ou de la fourchette
- ❖ Maintien des pansements en cas de blessures, avec meilleure étanchéité grâce à la plaque relevée en talons.

INDICATIONS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Blessure sur la face plantaire du pied (sole, fourchette) ou talons : enclouure, bleime, abcès nécessitant une protection ou un pansement pendant plusieurs jours. Le système de fixation paraît suffisamment simple pour pouvoir retirer la plaque sans retirer le fer, pour changer le pansement ou contrôler la blessure.

LIMITES

- ❖ Risque de blessure avec la plaque relevée en talon lorsque le cheval se couche.

Page 1 sur 3

Figure 61 : Exemple de fiche de fer ancien : Le fer à plaque entalonnée

Puis vient la comparaison avec les fers modernes similaires, sur une page maximum, s'organisant elle aussi en plusieurs parties :

- Similitudes
- Améliorations
- Indications thérapeutiques supplémentaires

Cette partie est illustrée de plusieurs photographies de fers actuels, afin de montrer leur diversité, mais elles ne sont pas exhaustives.

Voici un exemple ci-dessous (figure 62), en reprenant l'exemple du fer à plaque entalonnée :

Le fer à plaque avec prolongement en talons actuel



Talons Shoeseecure



Plaque Second" Sole Sport, Michel Vaillant

SIMILITUDES

- ❖ Utilisation de plaques pour protéger la face plantaire du pied et pour mettre en place des bandages lors d'hospitalisations.

AMÉLIORATIONS

- ❖ Nouveaux matériaux pour les plaques : Cuir, tôle de cuivre, feutre, PVC, aluminium, caoutchouc, silicone
- ❖ Existence de plaques avec des trous à injection pré-perçés pour une injection facilitée de silicone entre le pied et la plaque
- ❖ Existence de plaques thermoformables qui épousent la forme du pied pour une meilleure protection, et qui peut être râpée et rivée comme de la corne.
- ❖ Moins de risque de traumatisme qu'avec la plaque en tôle

NOUVELLE UTILISATION

- ❖ Protections en talons amovibles à fixer sur les fers des antérieurs du cheval pour l'empêcher de se déferer avec les postérieurs, et pour protéger les talons.

Page 2 sur 3

Figure 62 : Exemple de fiche : Le fer à plaque entalonnée actuel

2. Utilisation des fiches

Les fiches sont présentes dans l'annexe de cette thèse, et seront exposées au musée, afin d'apporter aux vétérinaires, étudiants vétérinaires, maréchaux-ferrants, ou toute personne intéressée par l'histoire de la maréchalerie, une clarification de l'utilisation historique des fers orthopédiques sélectionnés et de leur évolution. Elles permettent de comprendre les effets biomécaniques sur les pieds des chevaux et guidera les vétérinaires et maréchaux-ferrants pour leur choix dans le traitement

orthopédique des principales affections du pied. Leur forme concise permet d'exposer clairement les informations essentielles.

Cette étude comporte des limites, en raison de la limitation des données sur la classification des fers anciens. Cependant, elle possède également des perspectives, car plusieurs fers non identifiés sont encore présents au musée, et mériteraient une attention particulière.

CONCLUSION

La volonté de protéger les pieds des chevaux existe depuis la période grecque et romaine, et n'a eu de cesse d'évoluer et de s'améliorer au cours du temps.

Puis, au XIXe siècle, l'étude de la biomécanique du pied a permis de comprendre le fonctionnement du pied ainsi que les effets de la ferrure sur celui-ci. Les ferrures correctrices se sont alors développées et diversifiées, dans l'optique de pouvoir traiter les affections orthopédiques du cheval. Aujourd'hui, maréchaux et vétérinaires travaillent ensemble pour assurer une correction adaptée et de haute qualité à chaque patient. Leur compréhension de la biomécanique du pied et des principes thérapeutiques de chaque fer est indispensable pour conseiller adéquatement le client sur la ferrure de son cheval.

Cette étude a montré que la maréchalerie évolue en continu, plus particulièrement ici entre le XXe siècle et nos jours. Les matériaux, formes, poids, et épaisseurs des fers se sont diversifiés. Une volonté de respecter les différentes phases de l'appui du pied et de favoriser un mouvement fluide est observée. D'ailleurs, certains fers délétères à la physiologie du pied ne sont plus utilisés actuellement. Cette thèse montre également qu'il existe une grande diversité de fers disponibles, et que plusieurs choix de fers sont possibles pour chaque affection, permettant de trouver le fer adéquat à chaque cheval.

Les fiches réalisées présentent de façon concise l'utilisation historique et moderne de chaque fer, et leur format facilite la compréhension et l'apprentissage de leurs effets sur le pied. Elles seront utiles notamment pour les étudiants vétérinaires désireux de pratiquer la médecine sportive équine.

BIBLIOGRAPHIE

ACR Fers Aluminium, *Fers orthopédiques* [En ligne]. URL : <https://www.acr-concept.com/fr> (Consulté le 1er mai 2022).

ALLAROUSSE, J. (1924) *Manuel du maréchal ferrant* [en ligne]. Librairie J.-B Baillière et fils. Paris, 338 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6550393g> (Consulté le 16 mars 2022).

AUER, J.A. *et al.* (2018) *Equine Surgery - Fifth Edition*. Elsevier. Missouri: Elsevier Health Sciences, 1898 p.

AULIARD, C. (1997) 'Les maréchaux à l'époque médiévale : forgerons ou vétérinaires ?', *Médiévales*, 16(33), pp. 161–173. doi:10.3406/medi.1997.1403.

BARONE, R. (2000) *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 2 - Arthrologie et myologie - 4e édition*. Paris: VIGOT, 1022 p.

BARONE, R. (2010a) *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 7 - Neurologie II : système nerveux périphérique, glandes endocrines, esthésiologie*. Paris: VIGOT, 838 p.

BARONE, R. (2010b) *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 1 - Ostéologie - 5e édition*. Paris: VIGOT, 788 p.

BARONE, R. (2012) *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 5 - Angiologie*. Paris: VIGOT, 904 p.

BAXTER, G.M. (2020) *Adams and Stashak's Lameness in Horses - Seventh edition* [En ligne]. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 1240 p. URL : <https://login.ezproxy.vetagro-sup.fr/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2465990&lang=fr&site=ehost-live&scope=site> (Consulté le 23 mars 2022).

BAXTER, G.M. (2022) *Manual of Equine Lameness*. 2e édition. USA: Wiley-Blackwell, 464 p.

BELKNAP, J.K. and GEOR, R.J. (eds) (2017) *Equine Laminitis*. 1st edition. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 472 p.

BUDRAS, K.D., SACK, W.O. and ROCK, S. (2008) *Anatomy of the Horse, 5th Edition, Wiley Blackwell, Livre sur l'anatomie equine, Vetbooks*. 6e édition. Londres: Schluetersche, 208 p.

CAVE, F. and GOUBAULT, J.-M. (2019) *Le pied du cheval* [En ligne]. URL : <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/maladies/appareil-locomoteur/le-pied-du-cheval> (Consulté le 16 mars 2022).

CAVE, F., Goubault, J.-M. and Pillon, D. (2013) *Les différents types de fers* [En ligne]. URL : <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/soin-prevention-et-medication/marechalerie/les-differents-types-de-fers> (Consulté le 1er mars 2022).

CHATEAU, H. *et al.* (2007) 'Anatomie et biomécanique du pied', *10e congrès de médecine et chirurgie équine, Genève, Suisse*, 10 p.

- CHATEAU, H. *et al.* (2009) *La biomécanique du pied du cheval - Pratique Vétérinaire Equine n° 163 du 01/07/2009* [En ligne]. URL : <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/pratique-veterinaire-equine/article/n-163/la-biomecanique-du-pied-du-cheval.html> (Consulté le 29 mars 2022).
- CHATEAU, H., DEGUEURCE, C. and DENOIX, J.-M. (2005) 'Influence de la nature du sol et de la ferrure sur la biomécanique des articulations digitales', *Journée de la Recherche Equine*, Paris, 31 p.
- CLAUDE, B.K.J. *et al.* (2018) 'Impact de la maréchalerie sur le pied du cheval (Cas du Cercle Hippique de Lubumbashi)', *Journal of Applied Biosciences*, 129, pp. 13061–13066. doi:10.4314/jab.v129i1.9.
- COUSTY, M. and LEROY, L. (2020) *Comment gérer une contracture congénitale chez le poulain ? - Pratique Vétérinaire Equine n° 207 du 01/07/2020*, *Le Point Vétérinaire.fr* [En ligne]. URL : <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/pratique-veterinaire-equine/article/n-207/comment-gerer-une-contracture-congenitale-chez-le-poulain.html> (Consulté le 7 avril 2022).
- DABAREINER, R.M. and CARTER, G.K. (2003) 'Diagnosis, treatment, and farriery for horses with chronic heel pain', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), pp. 417–441. doi:10.1016/S0749-0739(03)00025-7.
- DEGUEURCE, C. (2015) 'La question de la ferrure des chevaux de travail', *Histoire urbaine*, 44(3), pp. 41–60.
- DEGUEURCE, C. and RIFFAUD, M. (2012) 'Le javart, une affection obsolète', *Bulletin de la Société française d'histoire de la médecine et des sciences vétérinaires*, (12), pp. 89–107.
- DYCE, K.M. and SINGH, B. (2017) *Dyce, Sack, and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy*. 5e édition. St. Louis, Missouri: Elsevier Canada, 872 p.
- ELIASHAR, E. (2007) 'An Evidence-Based Assessment of the Biomechanical Effects of the Common Shoeing and Farriery Techniques', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 23(2), pp. 425–442. doi:10.1016/j.cveq.2007.03.010.
- GANGL, M. (2020) 'Maréchalerie orthopédique, photocopié de 5eme année, Vetagro Sup.'
- GEOFFROY, O. (2003) *Les arthropathies interphalangiennes distales - Pratique Vétérinaire Equine n° 138 du 01/04/2003*, *Le Point Vétérinaire.fr* [En ligne]. URL : <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/pratique-veterinaire-equine/article/n-138/les-arthropathies-interphalangiennes-distales.html> (Consulté le 13 avril 2022).
- GROSBOIS, F., Cavé, F. and Goubault, J.-M. (2013) *Le ferrage* [En ligne]. URL : <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/soin-prevention-et-medication/marechalerie/le-ferrage> (Consulté le 2 mars 2022).
- GUILLOT, M. and LALLEMAND, E. (2019) *Déviations angulaires chez le poulain : présentation des affections et modalités diagnostiques - Pratique Vétérinaire Equine n° 203 du 01/07/2019*, *Le Point Vétérinaire.fr* [En ligne]. URL : <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/pratique-veterinaire-equine/article/n-203/deviations-angulaires-chez-le-poulain-presentation-des-affections-et-modalites-diagnostiques.html> (Consulté le 1er mai 2022).

KAUFFMANN, S., CLINE, C. and OVNICEK, G. (2017) *The Essential Hoof Book: The Complete Modern Guide to Horse Feet - Anatomy, Care and Health, Disease Diagnosis and Treatment*. Illustrated édition. North Pomfret, Vermont: Trafalgar Square Books, 336 p.

LARIEUX, E.-L.-C. (1924) *L'encastelure (atrophie du pied) et son traitement*. Thèse de doctorat vétérinaire. ENVA. 60 p.

LAUNOIS, T. *et al.* (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.

LIBRADO, P. *et al.* (2021) 'The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes', *Nature*, 598(7882), pp. 634–640. doi:10.1038/s41586-021-04018-9.

MAURIN, E. (2017) *Guide pratique de médecine équine*. 3e édition. Paris: Med'com, 300 p.

Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).

Michel Vaillant Maréchalerie, *Histoire de la maréchalerie [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant.com/histoire-de-la-marechalerie> (Consulté le 13 mars 2022).

O'GRADY, S.E. (2008) 'Basic Farriery for the Performance Horse', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 24(1), pp. 203–218. doi:10.1016/j.cveq.2007.12.002.

O'GRADY, S.E. (2009) 'Guidelines for Trimming the Equine Foot: A Review', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 55, p. 8.

O'GRADY, S.E. (2017) 'Routine Trimming and Therapeutic Farriery in Foals', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 33(2), pp. 267–288. doi:10.1016/j.cveq.2017.03.012.

O'GRADY, S.E. and CASTELIJNS, H.H. (2011) 'Sheared heels and the correlation to spontaneous quarter cracks', *Equine Veterinary Education*, 23(5), pp. 262–269. doi:10.1111/j.2042-3292.2010.00219.x.

O'GRADY, S.E. and POUPARD, D.A. (2003) 'Proper physiologic horseshoeing', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), pp. 333–351. doi:10.1016/S0749-0739(03)00020-8.

POLLITT, C. (2008) *Equine laminitis: current concepts*. Barton, A.C.T.: Rural Industries Research and Development Corporation, 116 p.

ROSELLO, R. and PARICIO, M. (2017) 'Gestion pratique des pieds serrés - équi-meeting maréchalerie – Haras national du Pin', 12 p.

Shoeseecure the Horseshoe shield, *Shoeseecure [En ligne]*. URL : <http://www.shoeseecure.com/> (Consulté le 1^{er} mai 2022).

THARY, A. (1902) *Ferrure du cheval, une bonne méthode [En ligne]*. Saumur, 126 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6582263f> (Consulté le 1er mai 2022).

THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.

VAN DER MEER, F. (1865) *Connaissances complètes du cavalier, de l'écuyer et de l'homme de cheval* [En ligne]. Paris: J. Dumaine, 744 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9616610v> (Consulté le 1er mai 2022).

VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

WAGNER, I.P. and HEYMERING, H. (1999) 'Historical Perspectives on Laminitis', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 15(2), pp. 295–309. doi:10.1016/S0749-0739(17)30146-3.

WATRIN, A. (1887) *Le pied du cheval et sa ferrure*. Saint Etienne: Théolier et cie, 142 p.

ANNEXES

- Annexe 1 : Fer à une éponge tronquée

Le fer à une éponge tronquée



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ 1 pinçon en pince
- ❖ 4 étampures branche externe, 3 étampures branche interne
- ❖ Eponge tronquée d'environ 2 cm sur la branche interne

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Soustraire le talon à l'appui au sol : protection du talon interne

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Traumatisme en talon : bleime, abcès, crapaud, enclouure

AUTRE INTÉRÊT NON ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Utilisation initiale de ce fer pour les chevaux qui « se couchent en vache » : position sternale avec les membres repliés sous le corps. Limitation ainsi de la formation d'abcès et d'hygromas du coude suite aux contusions avec l'éponge interne lors du couchage.

LIMITES

- ❖ Pas de sollicitation du talon interne ici : Défaut de vascularisation et de développement du talon.

Le fer à une éponge tronquée actuel



Fer à éponge tronquée, face inférieure
Orthopédie équine 5A 2020/2021 M.Gangl

SIMILITUDES

- ❖ 1 pinçon en pince
- ❖ 4 étampures branche entière, 3 étampures branche tronquée
- ❖ Matière : acier

AMELIORATIONS

- ❖ Existence de matières plus légères pour diminuer les contraintes sur les articulations (moins important car le fer est déjà allégé par l'éponge tronquée) : Aluminium

SOURCES :

- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ GANGL, M. (2020) 'Maréchalerie orthopédique, polycopié de 5ème année, Vetagro Sup.'

- Annexe 2 : Fer à deux éponges tronquées

Le fer à deux éponges tronquées ou ferrure Thary



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur gauche
- ❖ Matière : fer
- ❖ Fer raccourci d'environ 1cm et demi en éponges
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Epaisseur égale de la pince à l'éponge
- ❖ Eponges biseautées
- ❖ Les talons ne sont à l'appui qu'à la 3^e ou 4^e ferrure : le fer s'incruste au fur et à mesure de la pousse de la corne

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Les talons sont libérés de l'appui du fer. Ils sont d'abord sans appui puis atteignent petit à petit le sol.
- ❖ Lorsque les talons sont descendus, la fourchette est également d'avantage en contact avec le sol et sollicitée.

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

Les auteurs se contredisent suivant l'époque : Thary 1909 : Restauration du pied à talons serrés, contournés, couchés, hauts ou bas, avec une fourchette atrophiée (syndrome de l'encastelure) par sollicitation des talons et de la fourchette directement par le sol. Larieux 1924 : Aucun effet sur les pieds encastelés. Avant la 3^e ou 4^e ferrure, les talons et la fourchette ne sont pas à l'appui. Cela engendre une tension sur les tendons des muscles fléchisseurs du doigt. Observation d'une tendance à développer des seimes.

LIMITES

- ❖ Absence de protection du talon : Talons fuyants
- ❖ Réduction de la surface d'appui du sabot au sol en favorisant la bascule de celui-ci en arrière tant que les talons ne sont pas descendus au niveau de la face inférieure du fer : tension sur les tendons des muscles fléchisseurs.
- ❖ Utilisation contestée, et non utilisée de nos jours.

SOURCES

- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ LARIEUX, E.-L.-C. (1924) *L'encastelure (atrophie du pied) et son traitement*. Thèse de doctorat vétérinaire. ENVA. 60 p.

- Annexe 3 : Fer à ressort

Le fer à ressort barbier



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur gauche
- ❖ Fer simple avec ressort métallique rivé sur la voute et qui bifurque en V jusqu'aux éponges, en suivant les barres et le fond des lacunes latérales de la fourchette
- ❖ Branches couvertes
- ❖ 4 étampures sur la moitié antérieure du fer
- ❖ Oreilles en éponges pour maintenir le ressort en place et pour permettre au ressort d'exercer une pression sur les talons

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Ressort exerçant une tension continue et modérée sur les talons : écartement des talons et libération d'espace pour la fourchette qui s'atrophie progressivement lors de l'encastelure.

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Pieds encastelés de façon modérée : les barres doivent avoir conservé une certaine obliquité pour pouvoir mettre en place le fer et le ressort.

LIMITES

- ❖ La sole doit être assez creuse pour loger les branches du ressort
- ❖ Fer très difficile à forger : les branches du ressort doivent suivre les barres dans toute leur longueur, le fer est donc très difficile à ajuster correctement
- ❖ Ce fer nécessite un curetage régulier pour éviter la présence de terre entre le ressort et la sole
- ❖ Ressort fragile qui peut se briser : à n'utiliser que sur sol meuble
- ❖ L'action du ressort est limitée dans le temps
- ❖ Fer dangereux pour le sabot si la tension est trop forte ou inopérant si cette tension est insuffisante

- ❖ Ce fer n'est plus utilisé aujourd'hui pour l'encastelure étant donné sa complexité et ses potentiels effets délétères sur le sabot.

SOURCES

- ❖ LARIEUX, E.-L.-C. (1924) *L'encastelure (atrophie du pied) et son traitement*. Thèse de doctorat vétérinaire. ENVA. 60 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 4 : Fer à plaque fixe

Le fer à plaque fixe



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur rainé
- ❖ Matière : fer
- ❖ Plaque fixe en fer. Pouvait exister en cuivre, cuir ou en tôle.
- ❖ Plaque de métal fixée sur la face supérieure du fer par deux petits clous rivés en éponges, puis par les clous servant à fixer le fer à cheval

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Protection de la face plantaire contre les aspérités du terrain
- ❖ Amortissement des chocs
- ❖ Atténuation de la sensibilité de la sole ou de la fourchette
- ❖ Maintien des pansements en cas de blessures

INDICATIONS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Blessure sur la face plantaire du pied (sole ou fourchette) : enclouure, bleime, abcès
- ❖ Talons fuyants : stimulation du développement des talons (si mise en place d'une matière assez résistante qui vient combler les lacunes de fourchette)

LIMITES

- ❖ Nécessité de retirer complètement le fer pour retirer la plaque
- ❖ Risque de macération du pied et du pansement sous la plaque

Le fer à plaque fixe actuel



Plaque Second" Sole Sport, Michel Vaillant



Plaque MV2 Dynamic Enduro, Michel Vaillant

SIMILITUDES

- ❖ Même système de fixation pour les plaques classiques

AMÉLIORATIONS

- ❖ Nouveaux matériaux pour les plaques : Cuir, tôle de cuivre, feutre, PVC, aluminium, caoutchouc, silicone
- ❖ Rembourrage possible entre la plaque et la sole avec du silicone ou de la résine
- ❖ Existence de plaques avec des trous à injection pré-perçés pour une injection facilitée de silicone entre le pied et la plaque, pour accroître l'amortissement (Plaque MV2 Dynamic Enduro)
- ❖ Existence de plaques thermoformables qui épousent la forme du pied pour une meilleure protection, et qui peuvent être râpées et rivées comme de la corne, et être ainsi brochées sous un fer (Plaque Second" Sole Sport).

INDICATIONS SUPPLEMENTAIRES

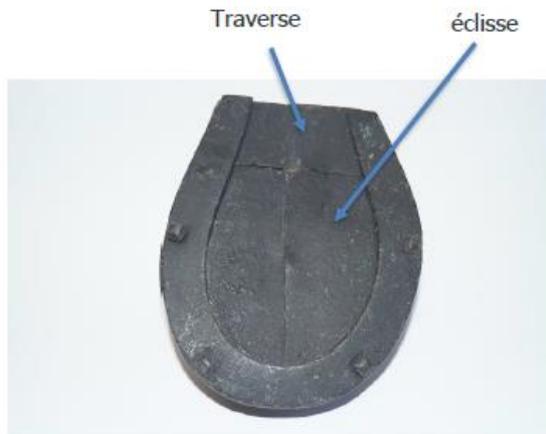
- ❖ Syndrome podotrochléaire : rôle amortisseur surtout pour la partie palmaire du pied, et pour développer les talons s'ils sont plats, dans le cas de plaques avec silicone.
- ❖ Arthrose interphalangienne distale avec pieds plats : rôle amortisseur.

SOURCES

- ❖ LAUNOIS, T. *et al.* (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 5 : Fer à plaque mobile

Le fer à plaque mobile



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer postérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ 2 étampures sur chaque branche, pas d'étampure en talons
- ❖ Système Daprey : 2 éclisses et une traverse en fer : Le fer est d'abord posé, puis les deux éclisses sont mises en place, et sont ensuite fixées par la traverse, qui peut être fixée par un clou en talon. Il sera ainsi possible d'enlever la traverse puis les éclisses sans enlever le fer. Les éclisses existent aussi en bois ou en tôle.
- ❖ Existe aussi en plaque de tôle glissée sous le fer et fixée à l'aide de clous dans les éponges (Plaque de Comény).

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Protection de la face plantaire contre les aspérités du terrain
- ❖ Amortissement des chocs
- ❖ Atténuation de la sensibilité de la sole ou de la fourchette

INDICATIONS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Blessure sur la face plantaire du pied (sole ou fourchette) : enclouure, bleime, abcès nécessitant des soins réguliers.
- ❖ Maintien des pansements en cas de blessures, et permet le changement de ceux-ci sans déferrer le pied.

LIMITES

- ❖ Mise en place plus longue et couteuse qu'un fer à plaque fixe.

Le fer à plaque mobile actuel



Orthopédie équine Polycopié 5A 2020/2021 M.Gangl

SIMILITUDES

- ❖ Plaque similaire à la plaque de Comeny, se fixe sur le fer déjà posé sous le sabot. Utilisé en hospitalisation pour maintenir des pansements sous le pied et pouvoir les changer régulièrement sans déferre le pied.

AMÉLIORATIONS

- ❖ Nouveaux matériaux pour les plaques : Cuir, tôle de cuivre, feutre, PVC, aluminium, caoutchouc, silicone

SOURCES

- ❖ LAUNOIS, T. *et al.* (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de marechalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 6 : Fer à planche

Le fer à planche/ à traverse



Face inférieure



Profil



Face supérieure

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : acier
- ❖ Fer couvert et épais, lourd
- ❖ 3 étampures sur chaque branche
- ❖ Un pinçon en pince
- ❖ Eponges réunies et formant une planche
- ❖ Epaisseur de la planche augmentée de l'avant vers l'arrière
- ❖ Sur la face supérieure : deux éléments métalliques saillants au milieu de la planche, dont les positions le long de la planche paraissent être réglables.

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ La planche supporte la fourchette seule (les deux talons sont alors parés et n'appuient pas sur le fer) ou bien la fourchette et un talon (l'autre talon est paré). Le ou les talons non à l'appui sont alors soulagés.
- ❖ Augmentation de la surface portante du pied
- ❖ Soutien de la partie postérieure du pied
- ❖ Hypothèse quant aux éléments métalliques sous la plaque : se placent dans les lacunes latérales et visent à augmenter l'espace entre les talons

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE A L'EPOQUE

- ❖ Talons atrophiés, bas, pieds plats
- ❖ Fourbure
- ❖ Pieds encastelés
- ❖ Lésion en talons, bleime, seime, forme cartilagineuse (dépôt de substance osseuse dans les cartilages ungulaires)
- ❖ Javart (nécrose/fistule dans la région du paturon ou de la couronne due à une infection du cartilage complémentaire, très rare aujourd'hui, avec à la mécanisation de l'agriculture)

LIMITES

- ❖ Fer moins solide, plus glissant
- ❖ Exerce une pression continuelle sur la fourchette et l'écrase : il convient d'alterner avec un fer ordinaire
- ❖ Système désencasteleur traumatique pour le pied

Le fer à planche/à traverse actuel



Fer à planche acier 2 pinçons, Michel Vaillant



Fer aluminium 1 pinçon, Michel Vaillant



Autre exemple de fer à planche, Michel Vaillant

SIMITUDES

- ❖ Même principe : Fourchette à l'appui et un ou les deux talons soulagés

AMELIORATIONS

- ❖ Matières : acier, aluminium
- ❖ Epaisseur plus faible, n'existe plus en version lourde. Il peut y avoir des rainures sur la planche pour diminuer le poids.
- ❖ N'existe plus avec le système désencasteleur, traumatique pour le pied. Remplacé par des fers pantoufflés, à éponges obliques, etc.

INDICATIONS

- ❖ Affections atrophiques et faiblesse des talons
- ❖ Fourbure chronique

SOURCES

- ❖ DEGUEURCE, C. and RIFFAUD, M. (2012) 'Le javart, une affection obsolète', *Bulletin de la Société française d'histoire de la médecine et des sciences vétérinaires*, (12), pp. 89–107.
- ❖ LAUNOIS, T. et al. (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 7 : Fer à double planche

Le fer à double planche ou fer Schneider



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Planche transversale reliant les deux éponges
- ❖ Planche longitudinale reliant la pince et la planche latérale
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Epaisseur du fer constante

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Large couverture : répartir les charges
- ❖ Support de toute la partie postérieure du pied par la double planche : la fourchette, les talons, les quartiers. En principe ne doit pas supporter la pince.

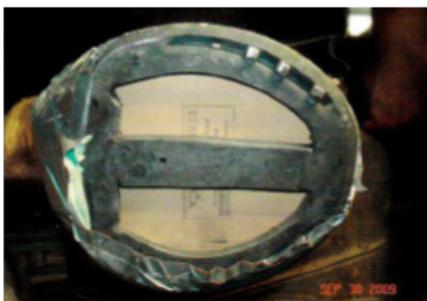
INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Fourbure chronique asymptomatique et prévention de la fourbure : soulage l'appui en pince et soutient la partie postérieure du pied.

LIMITES

- ❖ Fer en pratique peu utilisé et remplacé par le fer à pince couverte doublé d'une plaque de cuir matelassée.

Le fer à double planche actuel



Fer Schneider, Launois et al

SIMILITUDES

- ❖ Epaisseur constante
- ❖ Support de la phalange distale et soutien de la partie postérieure du pied.
- ❖ Très grande rigidité du fer
- ❖ Même utilisation : Fourbure chronique

INDICATION SUPPLEMENTAIRE

- ❖ Fourmière : Fer utilisé pour éviter toute instabilité de paroi une fois la fourmière débridée.

LIMITES

- ❖ Ne supprime pas l'appui en pince
- ❖ Les planches ne permettent pas de surveiller l'état de la sole crânialement à la fourchette (en cas de perforation de la sole par la bascule de la 3^e phalange)
- ❖ Risque de compression de la sole
- ❖ Poids élevé si acier
- ❖ Fer peu utilisé en pratique pour la fourbure et remplacé par le fer à l'envers, le fer en cœur ou en M ou encore le fer NBS (Natural Balance Shoe)

SOURCES

- ❖ ALLAROUSSE, J. (1924) *Manuel du maréchal ferrant* [en ligne]. Librairie J.-B Baillière et fils. Paris, 338 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6550393g> (Consulté le 16 mars 2022).
- ❖ LAUNOIS, T. et al. (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 8 : Fer asymétrique à une branche couverte

Le fer à une branche couverte ou fer asymétrique



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ 1 pinçon en pince
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ 4 étampures sur la branche interne, 1 étampure centrale en pince, 3 étampures sur la branche externe
- ❖ Branche externe à couverture élargie
- ❖ Ici la branche couverte est plus longue que la branche opposée
- ❖ Pince relevée pour l'effet rolling du pied

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Limitation de l'enfoncement du pied du côté de la branche couverte sur sol souple
- ❖ Rééquilibrage du pied en cas de surcharge médiale ou latérale
- ❖ Rééquilibrage des articulations en cas de défauts d'aplombs

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Défauts d'aplombs : cheval panard ou valgus : branche interne couverte, cheval cagneux ou varus : branche externe couverte
- ❖ Traumatisme unilatérale de la sole ou du talon : bleime : branche couverte du côté du traumatisme
- ❖ Défaut d'épaisseur et de qualité de la corne : quartier contourné ou serré (talon rapproché de la fourchette), maigre (manque d'épaisseur de la corne), cerclé, dérobé (corne sèche où le fer s'arrache facilement en entraînant des lambeaux de corne)
- ❖ Javart cartilagineux (infection du cartilage complémentaire, caractérisée par une nécrose du cartilage complémentaire et la présence de multiples fistules)
- ❖ Fer à branche couverte et longue : fer utilisé après les chirurgies de javart cartilagineux ou de bleimes/seimes suppurées nécessitant l'ablation

Page 1 sur 4

d'un quartier. Il permettait de maintenir un pansement et de protéger la sole amincie.

LIMITES

- ❖ Alourdissement du fer

Le fer à une branche couverte ou fer asymétrique actuel



Fer alu JMD Asymetrix® antérieur 3 pinçons, Michel Vaillant



Fer alu JMD Asymetrix® antérieur 3 pinçons, Michel Vaillant

SIMILITUDES

- ❖ Branche externe à couverture élargie pour limiter l'enfoncement dans le sol souple
- ❖ Pince relevée pour l'effet rolling du pied

AMÉLIORATIONS

- ❖ Matière plus légère pour diminuer les contraintes sur les articulations : Aluminium
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Branche opposée étroite et biseautée pour favoriser l'enfoncement dans le sol souple, avec une surface élargie en talon pour améliorer le confort
- ❖ Rive externe de la branche étroite biseautée en pince et en mamelle pour favoriser le roulement

INDICATIONS SUPPLEMENTAIRES

- ❖ Diminution de la tension sur les ligaments collatéraux du côté de la branche couverte : Desmite des ligaments collatéraux interphalangiens
- ❖ Diminution de la tension sur la branche du ligament suspenseur du côté de la branche couverte : desmopathie d'une branche du ligament suspenseur

LIMITES

- ❖ Augmentation de la tension sur les ligaments collatéraux et sur la branche du ligament suspenseur du côté de la branche étroite et biseautée.

SOURCES :

- ❖ DEGUEURCE, C. and RIFFAUD, M. (2012) 'Le javart, une affection obsolète', *Bulletin de la Société française d'histoire de la médecine et des sciences vétérinaires*, (12), pp. 89–107.
- ❖ LAUNOIS, T. et al. (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de marechalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 9 : Fer avec pince prolongée ou fer à la florentine

Le fer à pince prolongée ou à la florentine



Profil



Face inférieure

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur gauche
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Pince couverte prolongée en pointe mousse et relevée

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Modification de l'axe de gravité du membre : transfert du poids sur les talons
- ❖ Tension exercée sur les ligaments et tendons de la face palmaire et plantaire des membres (ligament suspenseur du boulet, tendons des muscles fléchisseurs superficiels et profonds des doigts) : effet myotatique inverse (les fibres nerveuses dans un tendon, proches de la jonction musculo-tendineuse, répondent à la tension par un réflexe d'inhibition du muscle correspondant : relaxation de ce dernier)
- ❖ Objectif : redonner un alignement normal entre les phalanges proximale, moyenne et distale du pied.
- ❖ Protection de la pince grâce à la couverture importante

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Chevaux droits jointés ou à talons hauts
- ❖ Bouleture (contracture du tendon fléchisseur superficiel et du ligament suspenseur du boulet) ou pied-bot (contracture du tendon fléchisseur profond)
- ❖ Seimes en pince
- ❖ Pied rampin (exagération du pied droit jointé, qui s'use en se traînant au sol) : oblige le cheval à poser son pied à plat au sol
- ❖ Déviations angulaires sagittales chez le poulain

LIMITES

- ❖ Fer temporaire, et très grande extension en pince pouvant gêner la marche

Le fer à pince prolongée actuel



Fer à la florentine, Fers spéciaux Fabrice.deprey.free.fr



Fer à coller Dallmer pour poulain

SIMILITUDES

- ❖ Extension du fer en pince

AMELIORATIONS

- ❖ Utilisation de matières plus légères : aluminium, plastique
- ❖ Extension moins importante en pince : moins de gêne pendant la marche
- ❖ Utilisation majoritaire pour les poulains en cas de déviations angulaires dans le plan sagittal (contracture) du boulet. L'extension oblige l'hyperextension 2-3 phalangienne.
- ❖ Existence de fers à coller : permet de traiter au plus tôt l'anomalie chez le poulain nouveau-né.
- ❖ Peut être associé à une talonnette quand le foal ou le yearling n'appuie pas en talon.

SOURCES

- ❖ VAN DER MEER, F. (1865) *Connaissances complètes du cavalier, de l'écuyer et de l'homme de cheval* [En ligne]. Paris: J. Dumaine, 744 p. URL :<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9616610v> (Consulté le 1er mai 2022).LAUNOIS, T. *et al.* (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de marechalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 10 : Fer à plaque prolongée en talons

Le fer à plaque entalonnée



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit simple
- ❖ Matière : fer
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ Plaque fixe en tôle. Pouvait exister en cuivre, cuir ou en fer.
- ❖ Plaque fixée en pince par un système d'encoche et par un rivet de 1 cm de hauteur sur chaque talon et incurvée en talons et remontant jusqu'au-dessus des glomes

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Protection de la face plantaire du pied et des talons contre les aspérités du terrain
- ❖ Atténuation de la sensibilité de la sole ou de la fourchette
- ❖ Maintien des pansements en cas de blessures, avec meilleure étanchéité grâce à la plaque relevée en talons.

INDICATIONS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Blessure sur la face plantaire du pied (sole, fourchette) ou talons : enclouure, bleime, abcès nécessitant une protection ou un pansement pendant plusieurs jours. Le système de fixation paraît suffisamment simple pour pouvoir retirer la plaque sans retirer le fer, pour changer le pansement ou contrôler la blessure.

LIMITES

- ❖ Risque de blessure avec la plaque relevée en talon lorsque le cheval se couche.

Le fer à plaque avec prolongement en talons actuel



Talons Shoeseecure



Plaque Second" Sole Sport, Michel Vaillant

SIMILITUDES

- ❖ Utilisation de plaques pour protéger la face plantaire du pied et pour mettre en place des bandages lors d'hospitalisations.

AMÉLIORATIONS

- ❖ Nouveaux matériaux pour les plaques : Cuir, tôle de cuivre, feutre, PVC, aluminium, caoutchouc, silicone
- ❖ Existence de plaques avec des trous à injection pré-perçés pour une injection facilitée de silicone entre le pied et la plaque
- ❖ Existence de plaques thermoformables qui épousent la forme du pied pour une meilleure protection, et qui peut être râpée et rivée comme de la corne.
- ❖ Moins de risque de traumatisme qu'avec la plaque en tôle

NOUVELLE UTILISATION

- ❖ Protections en talons amovibles à fixer sur les fers des antérieurs du cheval pour l'empêcher de se déferer avec les postérieurs, et pour protéger les talons.

SOURCES

- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ Shoeseecure the Horseshoe shield, *Shoeseecure* [En ligne]. URL : <http://www.shoeseecure.com/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 11 : Fer à une éponge couverte

Le fer à une éponge couverte ou à un oignon



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur gauche
- ❖ Matière : fer
- ❖ Un pinçon en pince
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Eponge interne couverte à partir de la dernière étampure : « oignon »
- ❖ Léger effet Rolling

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Large couverture : répartir les charges du pied sur le sol
- ❖ Protection localisée de la sole et du talon interne
- ❖ Solliciter le talon correspondant : favoriser sa vascularisation et son développement

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Traumatisme en talon : bleime, abcès
- ❖ Défaut d'épaisseur et de qualité de la corne : talon faible (corne mince), ce qui expose le talon à contracter des bleimes
- ❖ Talon contourné : talon convergent vers la fourchette, atrophie de la branche correspondante de celle-ci, et lacune rétrécie (encastelure)
- ❖ Soutien d'un pansement sur le talon correspondant

LIMITES

- ❖ Fer utilisé à l'époque (Xxe siècle) « en route » en martelant les éponges du fer que porte le cheval,

Le fer à un oignon actuel



Face inférieure
Fer à oignon (Launois et al. 2012)

SIMILITUDES

- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Une éponge élargie

AMELIORATIONS

- ❖ Matière plus légère pour diminuer les contraintes sur les articulations : Aluminium
- ❖ Parfois 3 pinçons : meilleure fixité du fer sur le pied, entrave l'expansion du pied, diminue les évaselements excessifs de la paroi
- ❖ Fort effet Rolling pour favoriser au maximum le roulement du sabot dans toutes les directions
- ❖ Association à des plaques pour une protection complète de la sole

SOURCES

- ❖ LAUNOIS, T. et al. (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 12 : Fer à oignons

Le fer à éponges élargies



Face inférieure



Face supérieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ Un pinçon
- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Eponges élargies : « oignons »
- ❖ Léger effet Rolling

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Large couverture : répartir les charges du pied sur le sol
- ❖ Protéger talons et les barres du pied
- ❖ Solliciter les talons : favoriser leur vascularisation et leur développement

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Traumatisme en talon : bleime, abcès
- ❖ Talons bas et fuyants
- ❖ Défaut d'épaisseur et de qualité de la corne : talons faibles (corne mince), ce qui expose les talons à contracter des bleimes
- ❖ Talons contournés : talons convergents vers la fourchette, atrophie des branches de celle-ci, et lacunes rétrécies (encastelure)
- ❖ Soutenir un pansement en talon

LIMITES

- ❖ Fer utilisé à l'époque (XXe siècle) « en route » en martelant les éponges du fer que porte le cheval, puis fixé à nouveau sur le sabot, en attendant de le remplacer par un fer à branche couverte, à planche ou à traverse.

AUTRE MODELE : LE FER A EPONGES
COUVERTES OU FER A OIGNONS



Face inférieure



Vue de profil

Le fer à oignons actuel



Face inférieure

Fer alu Onionix® antérieur 3 pinçons JMD, Michel Vaillant



Fer à oignons avec plaque en cuir

(<http://www.marechal-ferrant-romoli-olivier.fr/photos.html>)

SIMILITUDES

- ❖ 4 étampures sur chaque branche
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Eponges élargies

AMELIORATIONS

- ❖ Matière plus légère pour diminuer les contraintes sur les articulations : Aluminium
- ❖ Fort effet Rolling pour favoriser au maximum le roulement du sabot dans toutes les directions

INDICATIONS SUPPLEMENTAIRES

- ❖ Limiter l'enfoncement dans le sol de la partie postérieure du pied : limiter la tension sur le tendon du muscle fléchisseur profond du doigt (TFPD), la bride carpienne et sur les ligaments de l'appareil podotrochléaire : Affection du TFPD, de la bride carpienne ou syndrome podotrochléaire

LIMITES

Augmentation de la tension sur le tendon du muscle fléchisseur superficiel du doigt et sur le ligament suspenseur du boulet.

SOURCES

- ❖ LAUNOIS, T. *et al.* (2012) *Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine*. Paris: Editions Med'Com, 283 p.
- ❖ Michel Vaillant Maréchalerie, *Fer orthopédique [En ligne]*. URL : <https://www.michel-vaillant-marechalerie.com/fr/> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 13 : Fer à éponges obliques

Le fer à éponges obliques ou fer à pantoufle



Face inférieure



Profil



Vue palmaire

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ 4 étampures sur chaque branche, et situées en pince et mamelles
- ❖ Large couverture sur tout le fer
- ❖ Eponges obliques : rive interne épaissie progressivement de la dernière étampure jusqu'aux extrémités de chaque branche

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Fer désencasteleur ou dilatateur : La face supérieure du fer forme un plan incliné sur lequel s'appuie et glissent les talons. Le but est, avec le poids du cheval, d'obtenir une expansion de la muraille.

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Encastelure

LIMITES

- ❖ Traumatique pour le pied : écrasement des barres, apparition de bleimes, sensibilisation du pied, démarche hésitante.
- ❖ Difficulté de fabrication et d'application
- ❖ Peu utilisé de nos jours. Des fers apportant du confort à la partie palmaire/plantaire du pied, soutenant les talons et facilitant le départ du pied sont utilisés pour l'encastelure aujourd'hui (fer à planche, fer en œuf...).

HISTORIQUE

Soleysell nomma ce fer, inventé au XVII^e siècle par un écuyer du roi Henri III, « fer à pantoufle » car il estimait que le cheval qui portait ces fers devait se sentir à l'aise, comme dans une pantoufle.

SOURCES

- ❖ ALLAROUSSE, J. (1924) *Manuel du maréchal ferrant* [en ligne]. Librairie J.-B Baillière et fils. Paris, 338 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6550393g> (Consulté le 16 mars 2022).
- ❖ DABAREINER, R.M. and CARTER, G.K. (2003) 'Diagnosis, treatment, and farriery for horses with chronic heel pain', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), pp. 417–441. doi:10.1016/S0749-0739(03)00025-7.
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

- Annexe 14 : Fer à pinçons obliques

Le fer à pinçons obliques ou fer à oreilles de Watrin



Face inférieure



Vue palmaire

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur
- ❖ Matière : fer
- ❖ Deux pinçons obliques à l'extrémité de la rive interne de chaque branche. Même obliquité que les barres.
- ❖ 4 étampures sur chaque branche, situées dans une rainure en pince et mamelles

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Fer désencasteleur ou dilatateur : Surface de glissement pour les talons, qui s'ouvrent à chaque appui du pied.

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Encastelure

LIMITES

- ❖ Effet écarteur des talons limité : Au bout de quelques jours, les talons se sont élargis et sont descendus sur la surface plane du fer, qui n'a alors plus d'effet dilatateur.
- ❖ Difficulté de fabrication et d'application
- ❖ Peu utilisé de nos jours. Des fers apportant du confort à la partie palmaire/plantaire du pied, soutenant les talons et facilitant le départ du pied sont utilisés pour l'encastelure aujourd'hui (fer à planche, fer en œuf avec rolling en pince, ajout de silicone dans les lacunes de la fourchette...).

SOURCES

- ALLAROUSSE, J. (1924) *Manuel du maréchal ferrant* [en ligne]. Librairie J.-B. Baillière et fils. Paris, 338 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6550393g> (Consulté le 16 mars 2022).
- DABAREINER, R.M. and CARTER, G.K. (2003) 'Diagnosis, treatment, and farriery for horses with chronic heel pain', *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), pp. 417–441. doi:10.1016/S0749-0739(03)00025-7.
- THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.
- WATRIN, A. (1887) *Le pied du cheval et sa ferrure*. Saint Etienne: Théolier et cie, 142 p.

- Annexe 15 : Fer couvert

Le fer couvert



Face inférieure



Profil

DESCRIPTION

- ❖ Fer antérieur droit
- ❖ Matière : fer
- ❖ Pas de pinçon
- ❖ Large couverture sur tout le fer, ne laissant à découvert ici que la fourchette. La surface du fer varie selon la quantité de sole à couvrir.
- ❖ 3 étampures espacées sur chaque branche
- ❖ Etampage à maigre car généralement appliqué sur des sabots à paroi mince
- ❖ Une plaque de cuivre est souvent ajoutée pour une meilleure protection

EFFETS BIOMÉCANIQUES SUR LE PIED DU CHEVAL

- ❖ Protection de la sole et des barres contre les aspérités du terrain

INTÉRÊTS DANS LE TRAITEMENT ORTHOPÉDIQUE

- ❖ Défaut de conformation du pied : pied plat ou pied comble (surface solaire convexe)
- ❖ Sole fine et sensible
- ❖ « Pied dérobé » : sole extrêmement sèche qui éclate lorsqu'on y plante les clous ou dont les fers s'arrachent facilement
- ❖ Fourbure chronique
- ❖ Application de pansements sous le pied

LIMITES

- ❖ Alourdissement du fer
- ❖ Fer glissant
- ❖ Se déforme parfois pendant la marche s'il est trop mince

Le fer couvert actuel



Fer ACR couvert 10mm, vue inférieure



Fer ACR couvert 10mm, vue inférieure

SIMILITUDES

- ❖ Large couverture sur tout le fer, qui varie selon la surface de sole à protéger

AMÉLIORATIONS

- ❖ Matière plus légère pour diminuer les contraintes sur les articulations : Aluminium
- ❖ Ajout de plaques et/ou silicone pour augmenter la protection de la sole sans alourdir le fer
- ❖ 4 étampures sur chaque branche, dans une rainure : meilleure fixité et allègement du fer
- ❖ Un pinçon en pince : meilleure fixité

INDICATIONS SUPPLEMENTAIRES

- ❖ Bleime
- ❖ Podophyllite

SOURCES

- ❖ ACR Fers Aluminium, *Fers orthopédiques* [En ligne]. URL : <https://www.acr-concept.com/fr> (Consulté le 1er mai 2022).
- ❖ ALLAROUSSE, J. (1924) *Manuel du maréchal ferrant* [en ligne]. Librairie J.-B Baillière et fils. Paris, 338 p. URL : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6550393g> (Consulté le 16 mars 2022).
- ❖ THARY, A. (1909) *Manuel de la ferrure du cheval*. Editions émotion primitive. Fontaine: PRIMITIVE, 407 p.
- ❖ VISSAC, R. (2005) *Précis de maréchalerie*. Paris: Maloine, 268 p.

DESCRIPTION DES FERS ORTHOPEDIQUES ANCIENS DU MUSEE DE VETAGRO SUP ET COMPARAISON AVEC LES FERS ORTHOPEDIQUES MODERNES

Auteur

CLEMENT Méline

Résumé

Les ferrures orthopédiques sont au cœur de la pratique de l'orthopédie vétérinaire, et elles ne cessent d'évoluer dans le temps, par leurs formes, leurs matières premières, leurs indications pour les principales affections orthopédiques. La maréchalerie et l'orthopédie vétérinaire sont étroitement liées, et ainsi, vétérinaires et maréchaux-ferrants travaillent main dans la main pour proposer le traitement orthopédique le plus adapté à chaque cheval lors d'affection du système locomoteur.

Le musée de Vetagro Sup contient une collection de fer à cheval d'âges variés et de toutes formes. Cette thèse vise à reconnaître et classer les fers orthopédiques de cette collection grâce à la littérature du XXe siècle disponible. Quinze fers à cheval ont été sélectionnés et étudiés. Ce travail vise à expliquer concisément sous forme de fiches les effets biomécaniques du fer en question sur le pied, ainsi que ses indications pour le traitement orthopédique des principales affections du pied du cheval. Puis, une comparaison est réalisée avec les fers actuels du même type s'ils sont toujours utilisés, afin de caractériser leur évolution dans le temps.

Mots-clés

Cheval, maréchalerie, orthopédie vétérinaire, Histoire, fer à cheval

Jury

Président du jury : **Pr RODE Gilles**
Directeur de thèse : **Dr GANGL Monika**
1er assesseur : **Pr SCHRAMME Michael**
2e assesseur : **Pr ROGER Thierry**