

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

ANNEE 2006

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES LESIONS DE LA
PAROI CHEZ LE CHEVAL ET DE LEUR
TRAITEMENT A L'AIDE DE RESINES**

THESE

pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

présentée et soutenue publiquement
devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le

.....

par

Julien MARETTE

Né le 8 août 1977 à Caen (Calvados)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil

Membres

Directeur : M. Jean Marie DENOIX

Professeur de Pathologie Equine à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Assesseur : M. Jean Marie MAILHAC

Maître de conférences de Chirurgie à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	p. 1 p. 22 p. 22
INDEX DES FIGURES	p. 22 p. 4 p. 23 p. 23
INDEX DES TABLEAUX	p. 23 p. 6 p. 23
INTRODUCTION	p. 23 p. 7
PARTIE I : LE SABOT : RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMECHANIQUES	p. 27 p. 9
I- Conformation du sabot	p. 27 p. 9
1- La paroi	p. 27
a- Description	p. 9
b- Structure	p. 29 p. 11
2- La sole	p. 12
3- La fourchette	p. 13 p. 31
II- Propriétés mécaniques de la paroi	p. 14 p. 31
1- Capacité à se déformer	p. 32
2- Perméabilité	p. 17 p. 33 p. 34
PARTIE II : MATERIAUX ADHESIFS DISPONIBLES POUR LA CORRECTION DES LESIONS DE LA PAROI	p. 19 p. 36
I- Caractéristiques nécessaires	p. 36 p. 19 p. 37
II- Différents matériaux existants et leurs applications	p. 19 p. 37
1- Polyméthylmétacrylate	p. 19
a- Définition	p. 19
b- Historique	p. 19
c- Caractéristiques	p. 20
d- Indications	p. 20
2- Polyuréthane	p. 21
a- Définition	p. 21
b- Caractéristiques	p. 21
c- Indications	p. 21
3- Cyanoacrylate	p. 40 p. 21

- a- Définition
 - b- Caractéristiques
 - c- Indications
- 4- Epoxy
 - a- Définition
 - b- Caractéristiques
 - c- Indications

III- Effets secondaires des produits de réparation

PARTIE III : LESIONS DE LA PAROI

I- Les seimes

- 1- Définition
- 2- Etiologie
- 3- Classification
- 4- Symptômes

II- La maladie de la ligne blanche

- 1- Définition
- 2- Etiologie
 - a- Les causes infectieuses
 - b- Les causes mécaniques
- 3- Symptômes

III- La fourmillière

- 1- Définition
- 2- Etiologie
- 3- Symptômes

IV- Prévention

PARTIE IV : TECHNIQUES EMPLOYEES POUR LA CORRECTION DES LESIONS DE LA PAROI

I- Identification de la lésion

II- Techniques classiques utilisées dans le traitement des lésions de la paroi

1- Réalisation d'un sifflet et d'une rainure dans le traitement des seimes non pénétrantes	p. 40
2- Débridement et assainissement lors de lésions importantes et/ou infectées et/ou hémorragiques	p. 42
a- Débridement	p. 42
b- Assainissement de la zone à traiter	p. 45
3- Ferrures utilisées dans le traitement des lésions de la paroi	p. 47
4- Stabilisation d'une perte de substance par des techniques invasives	p. 50
a- Mise en place d'une agrafe	p. 50
b- Laçage avec un ruban en nylon	p. 51
c- Mis en place de plaques et de fils métalliques	p. 52
 III- Intervention de la résine dans les reconstructions de paroi	 p. 53
1- Principes d'application de la résine	p. 10
2- Utilisation de la résine seule	pp530
a- Dans la réparation des seimes	pp541
b- Dans la réparation des pertes de substance saines	p. 54
c- Dans la réparation des pertes de substance infectées	pp582
d- Dans le collage des fers	p. 59
3- Utilisation de la résine associée à des techniques invasives de stabilisation	p. 60
4- Discussion	pp643
	p. 14
	pp665
	p. 15
CONCLUSION	pp696
	p. 28
BIBLIOGRAPHIE	pp730
	p. 32
	p. 34
	p. 36
<u>INDEX DES FIGURES</u>	p. 41
	p. 41
Figure 1 : Vue latérale du sabot montrant ses divisions.	p. 42
Figure 2 : Différences morphologiques entre le sabot droit et le sabot gauche.	p. 43
Figure 3 : Préparation anatomique montrant les trois couches constitutives de la paroi.	p. 44
Figure 4 : Préparation d'un étui corné du pied : face interne montrant la gouttière coronale et les lamelles de corne ainsi que la sole convexe avec l'empreinte de la fourchette.	p. 46
Figure 5 : Représentation de la sole et de la fourchette – vue externe.	p. 47
Figure 6 : Coupe transversale de la boîte cornée – vue dorsale.	p. 48
Figure 7 : Diagramme de répartition des contraintes exercées sur la paroi lors de sa mise en charge.	p. 49
Figure 8 : Illustration de la déformation de la paroi lors de charge axiale.	p. 49
Figure 9 : Diagramme montrant la déformation d'une paroi entre le sabot sans charge (trait plein) et un sabot en charge (trait pointillé).	p. 50
	p. 51
	p. 52

Figure 10 : Exemple de localisation de seime.	
Figure 11 : Exemple de fracture de la paroi.	
Figure 12: Illustration de sabots atteints de maladie de la ligne blanche.	
Figure 13 : Illustration du sondage d'une séparation de paroi lors de maladie de la ligne blanche.	
Figure 14 : Illustrations de fourmillière.	
Figure 15 : Traitement classiquement réalisé pour une seime dont l'origine se situe à la surface d'appui.	
Figure 16 : Schéma de la réalisation d'un sifflet lors d'une seime en couronne.	
Figure 17 : Outils nécessaires à l'ouverture et au débridement d'une seime.	
Figure 18 : Débridement et résection de la paroi lors de maladie de la ligne blanche.	
Figure 19 : Différents états d'un sabot au cours du débridement et de la résection de paroi.	
Figure 20 : Mise en place d'une plaque métallique pour pouvoir apporter des soins. Il faut une assez faible perte de substance pour pouvoir ancrer correctement la plaque.	
Figure 21 : Illustration de la technique décrite par Wildenstein.	
Figure 22 : Différents types de fer pouvant être utilisés pour soustraire le quartier ou le talon lors de l'appui.	
Figure 23 : Pied au niveau duquel la corne repousse progressivement après une ouverture de la paroi. Une ferrure de soutien est visible.	
Figure 24 : Fer en œuf avec un soutien de la fourchette, sous lequel on peut apercevoir une plaque de cuir taillée aux dimensions du fer.	
Figure 25 : Agrafe permettant la stabilisation d'une seime.	
Figure 26 : Réalisation d'un laçage à l'aide d'un ruban en nylon afin de stabiliser une seime.	
Figure 27 : Illustration de l'utilisation de plaques et de fil métallique afin de stabiliser une seime.	
Figure 28 : Trois lobes sont creusés dans la paroi afin d'augmenter la force de rétention de la résine.	p. 55
Figure 29 : Application de silicone pour prévenir le tissu lamellaire des compressions et de la réaction exothermique lors du durcissement de la résine.	p. 56
Figure 30 : Illustration de la réparation d'une seime en n'utilisant que de la résine.	p. 57
Figure 31 : Vue de $\frac{3}{4}$ d'un pied ayant subi une réparation de perte de substance due à une maladie de la ligne blanche.	p. 59
Figure 32 : Exemple de reconstruction de pied dans laquelle est ménagée une loge afin de flusher une zone infectée.	p. 59
Figure 33 : Etapes conduisant au collage d'un fer.	p. 62
Figure 34 : Illustration de l'association entre une stabilisation par un ruban en nylon et de la résine.	p. 64
Figure 35 : Technique couplant l'utilisation de résine et une méthode invasive de stabilisation.	p. 65

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des caractéristiques des résines utilisées dans les reconstructions de pied. p. 25

Tableau 2 : Comparaison des solutions désinfectantes utilisables pour assainir un sabot. p. 45

INTRODUCTION

Les problèmes locomoteurs sont parmi les principaux motifs de consultation pour le vétérinaire équin. Ils peuvent être la conséquence de pathologies ostéo-articulaires ou musculaires. Longtemps réservés aux maréchaux ferrant, les pathologies de la boîte cornée sont nombreuses et peuvent, elles aussi, entraîner des boiteries invalidantes tant pour le cheval athlète que pour le cheval de loisir.

En effet, le sabot représente l'interface entre le cheval et le sol et il est admis que « sans pied il n'y a pas de cheval ». La paroi, qui est un des constituants majeurs du sabot, est la structure principale de soutien du pied ainsi qu'une barrière et une protection pour les structures internes sensibles. Par le rapport étroit qui existe entre la paroi et la troisième phalange, la paroi permet au cheval de supporter son poids à travers le squelette appendiculaire. On note donc l'importance de cette paroi sur le plan fonctionnel dans la locomotion du cheval.

Pour réaliser cette fonction de support, la paroi doit présenter une structure rigide et en même temps flexible. L'intégrité de la paroi est nécessaire dans cette fonction de soutien et tout défaut de cette intégrité peut provoquer une boiterie plus ou moins sévère.

Depuis longtemps, les maréchaux ferrant luttent contre ces lésions et inventent eux-mêmes des techniques souvent très judicieuses. Toutefois, ces lésions sont accompagnées

de pertes de substance parfois importantes qui seront longues à combler par la simple production naturelle de corne.

La collaboration entre les vétérinaires et les maréchaux-ferrants va grandissante. Ils se sont donc unis pour partager leurs connaissances et leurs expériences ainsi que pour essayer de trouver les meilleures solutions aux problèmes locomoteurs des chevaux. Cette collaboration a porté également sur la recherche de composites qui pourraient servir de prothèse à la boîte cornée. Ces dernières années ont apporté sur le marché, différentes résines possédant des propriétés proches de celle de la corne naturelle et répondant aux exigences établies par les vétérinaires et les maréchaux.

Tout d'abord, la conformation, la structure et la fonction de la boîte cornée, en insistant principalement sur la paroi ont été rappelés. Puis les résines qui nous sont proposées actuellement ont été décrites. Les solutions de continuité de la paroi sont ensuite présentées. Enfin, les techniques employées pour soigner ces lésions de paroi ont été envisagées. Les traitements classiques ou à base de résine ou par combinaison des deux sont expliqués.

PARTIE I : LE SABOT : RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMECANIQUES

I- Conformation du sabot

Le sabot est une boîte cornée qui se situe à l'extrémité distale de chaque membre et qui assure le lien avec le sol. Cette boîte cornée renferme l'extrémité du squelette appendiculaire (l'articulation inter-phalangienne distale ainsi que la troisième phalange et l'os naviculaire) et un ensemble de tissus mous qui assure la production de la boîte cornée, l'adhésion entre cette dernière et la troisième phalange et qui participe à l'amortissement [10, 20, 33].

Les structures contenues dans cette boîte cornée ne seront pas étudiées ici.

Le sabot est constitué de trois parties intimement liées que sont la paroi, la sole et la fourchette.

1- La paroi

a. Description

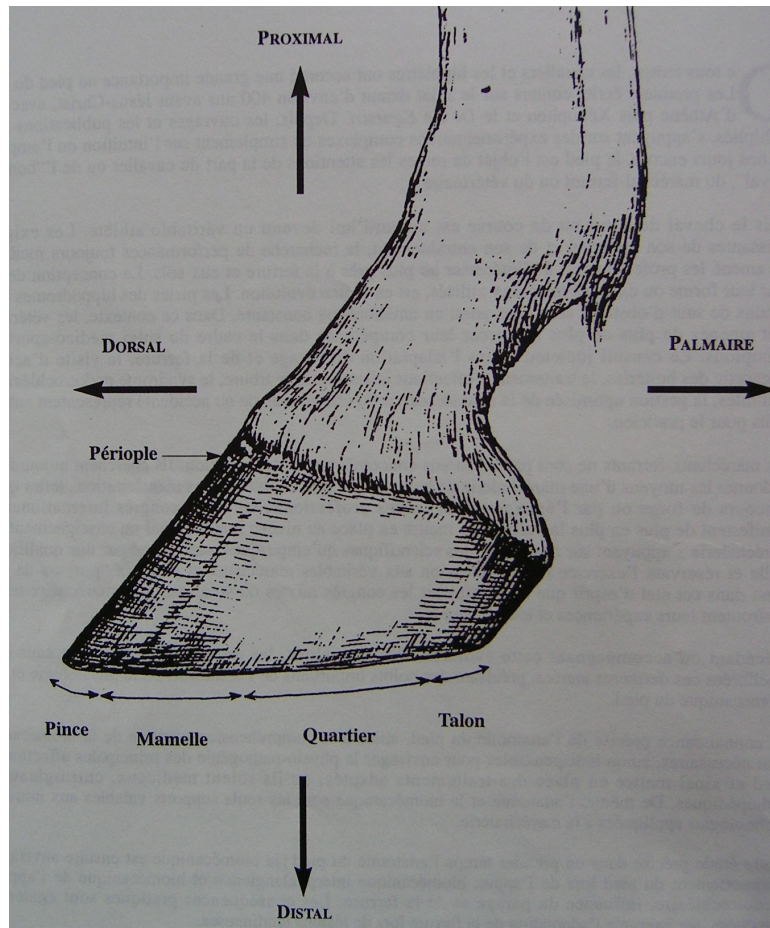
Il s'agit de la partie visible lorsque le pied est à l'appui. Elle est produite par le bourrelet coronaire de la membrane kératogène. Sa pousse, qui est continue proximodistalement (environ 2 cm par mois en pince) est qualifiée d'avalure [10, 20].

A l'appui, en vue latérale, la paroi peut être divisée en quatre parties. De la face dorsale vers la face plantaire, on distingue : une demi-pince, une mamelle, un quartier et un talon (Figure 1) [10].

Le bord coronal est proximal alors que le bord solaire se situe distalement (Figure 1).

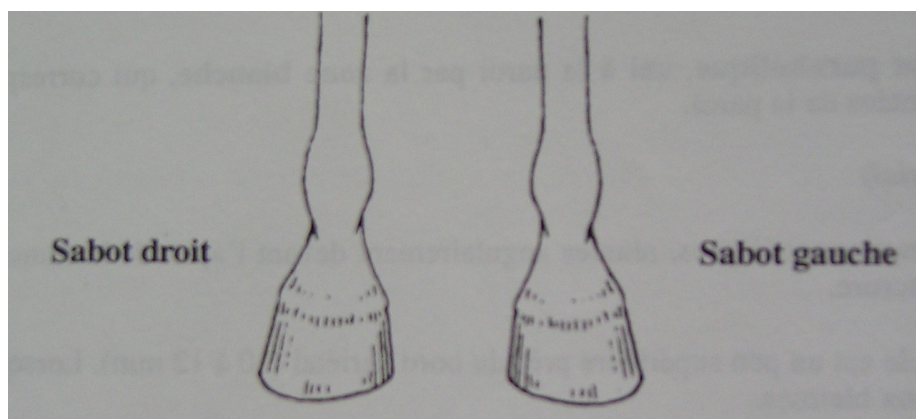
La ligne de pince se trouve dans l'axe du paturon et fait un angle avec le sol d'environ 45 à 50° pour les antérieurs et d'environ 50 à 55 ° pour les postérieurs. La ligne des talons est presque parallèle à la ligne de pince, voir plus inclinée. Le rapport entre la longueur de la ligne de pince et la longueur de la ligne des talons est quant à lui de 2 [10].

Au niveau des talons, la paroi s'infléchit et disparaît en région ventrale pour former les barres [10, 20].



**Figure 1 : Vue latérale du sabot montrant ses divisions
D'après Denoix JM et Houliez D [10]**

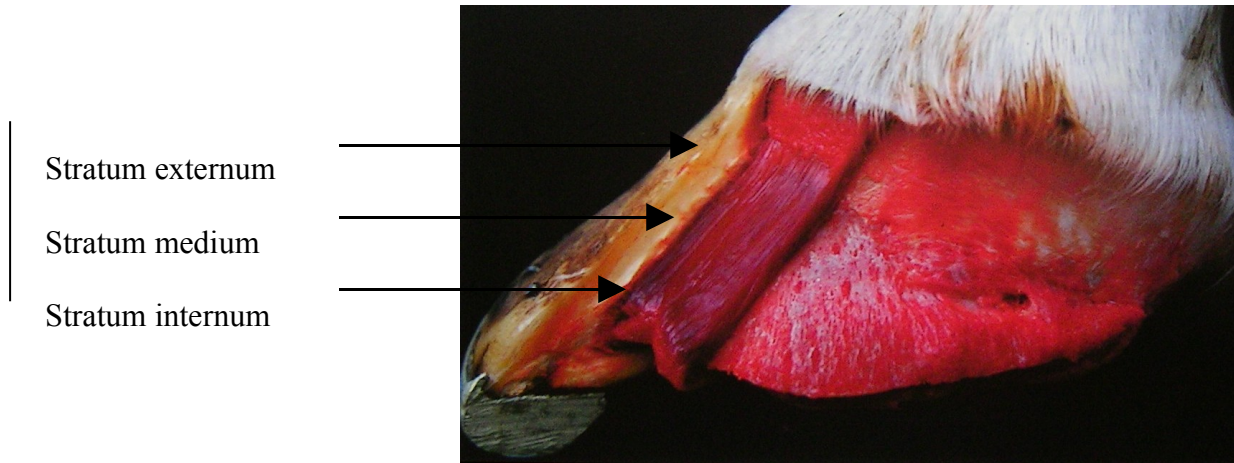
Sur une vue de face, l'inclinaison est un peu plus importante latéralement que médialement (Figure 2).



**Figure 2 : Différences morphologiques entre le sabot droit et le sabot gauche
D'après Denoix JM et Houliez D [10]**

b. Structure

Cette paroi est composée de trois couches. De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve le stratum externum, le stratum médium et le stratum internum (Figure 3) [10, 20, 32].



**Figure 3 : Préparation anatomique montrant les trois couches constitutives de la paroi.
D'après Denoix JM [9]**

Son épaisseur diminue de la pince au talon dans un rapport d'environ 1.5 [33].

Le stratum externum est la couche visible à l'extérieur. Il est formé de corne tubulaire qui recouvre la paroi. Sa partie proximale est souple et non pigmentée : il s'agit du périople qui contient des cellules granuleuses contenant de la kératohyaline. La pousse de la corne déplace le périople distalement, ce qui forme la fine couche lisse et brillante visible sur un sabot à l'appui [10, 20, 33].

Le stratum médium est plus épais, plus rigide et pigmenté sauf dans sa partie profonde. Il est formé par de la corne tubulaire et de la corne inter-tubulaire. Cette dernière assure la cohésion entre les tubules. La densité de ces tubules est décroissante de l'intérieur vers l'extérieur.

Histologiquement on ne retrouve pas de cellules granuleuses dans le stratum medium [10].

Le stratum internum correspond à la couche interne non pigmentée de la paroi. Elle porte aussi le nom de kéraphylle. C'est cette couche qui réalise l'engrènement de la paroi dans le corium parietis. En effet le stratum internum présente de 500 à 600 lamelles primaires réparties de la couronne au bord d'appui. Ces lamelles primaires portent elles-mêmes des lamelles secondaires perpendiculaires aux précédentes. Ce sont ces lamelles secondaires qui vont s'engrener avec les lamelles dermales et créer ainsi une cohésion entre la paroi et les tissus sous jacents (Figure 4) [10, 20].

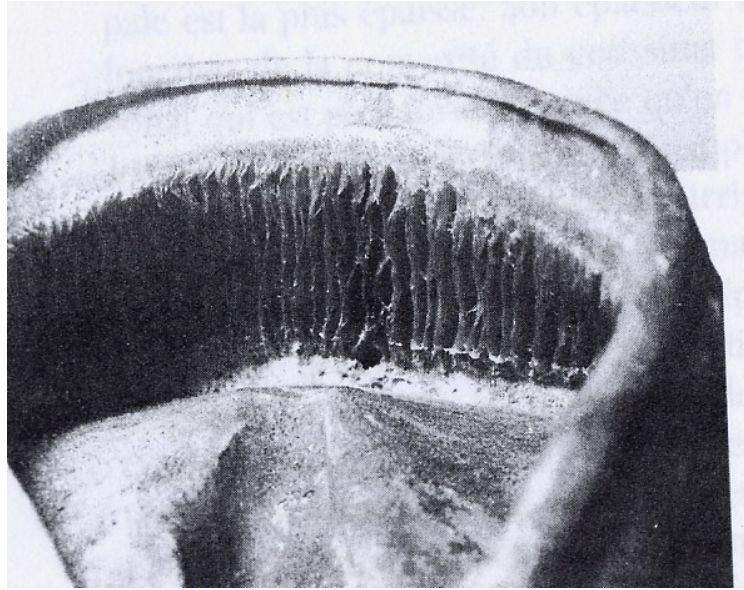


Figure 4 : Préparation d'un étui corné du pied : face interne montrant la gouttière coronale et les lamelles de corne ainsi que la sole convexe avec l'empreinte de la fourchette. D'après Korber HD [20]

2- La sole

La sole est visible sur la face plantaire du sabot lorsque celui-ci est au soutien.

Elle est formée d'un corps situé cranialement et de deux branches terminant le corps caudalement (Figure 5). La forme générale de sa face externe est concave (Figures 4 et 6) [3, 10].

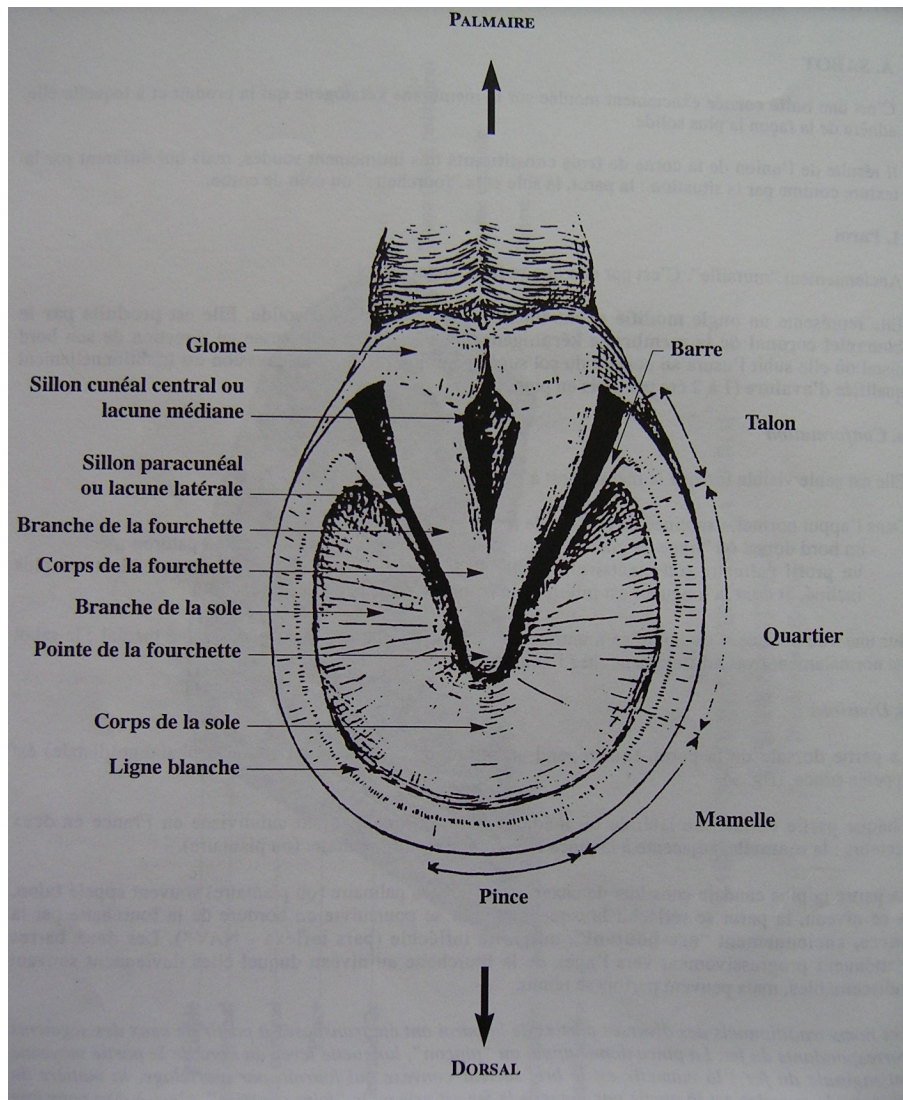
Elle est entourée par le bord solaire de la paroi auquel elle est solidement attachée par l'intermédiaire des lames du kéraphylle. Cette zone d'union, lors du parage, apparaît dépigmentée et c'est à cette caractéristique qu'elle doit son nom de ligne blanche.

Elle est formée de corne tubulaire qui présente la même structure que celle du stratum médium de la paroi. Cette corne est plus souple et plus molle que celle de la paroi. Elle est aussi plus humide, contenant 33% d'eau contre 25 % pour la corne de la paroi.

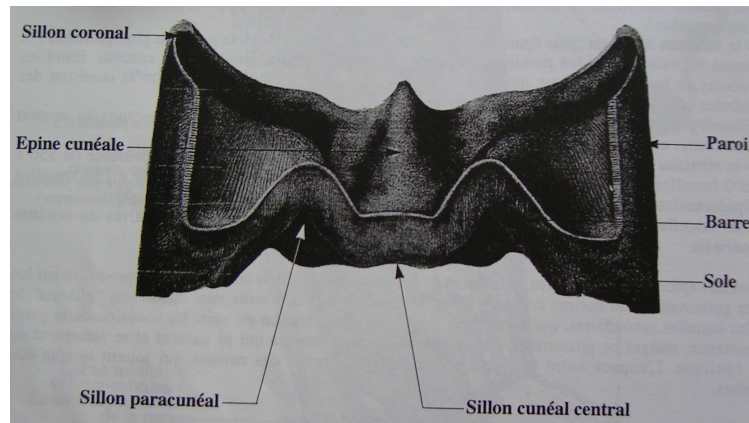
3- La fourchette

Comme la sole, la fourchette est visible uniquement sur un membre au soutien. Elle contient un corps cranial et deux branches caudales. De chaque côté de la fourchette, entre celle-ci et les barres, se situent des sillons nommés sillons paracunéaux ou lacunes latérales. Les deux branches sont, quant à elles, séparées par un sillon cunéal central ou lacune médiane (Figures 4, 5 et 6) [3, 10].

La fourchette est constituée de corne tubulaire. Cependant ces tubules sont organisés de façon anarchique, ce qui confère à la fourchette une remarquable élasticité [20].



**Figure 5 : Représentation de la sole et de la fourchette – vue externe
D'après Denoix JM et Houliez D [10]**



**Figure 6 : Coupe transversale de la boîte cornée – vue dorsale
D’après Bouley H [3]**

II- Propriétés mécaniques de la paroi

Le sabot subit des contraintes importantes lors des phases d’appui. Ces contraintes sont augmentées dans les allures rapides (trot et galop) mais existent aussi au pas et au repos. Elles sont relatives à la descente de la troisième phalange dans la boîte cornée, aux forces de compression exercées par le sol sur la paroi ainsi qu’aux forces imposées à la paroi par sa propre déformation [10].

1- Capacité à se déformer

Lors de la charge, la déformation de la paroi permet d’absorber une partie des forces exercées d’une part par le sol et d’autre part par le squelette appendiculaire du membre à l’appui.

La déformation de la paroi a été mise en évidence par une méthode d’analyse du stress photoélastique. Dejardin LM *et al* [8] montrent que les contraintes sur des sabots chargés axialement sont concentrées entre le tiers médian et le tiers distal de la paroi (Figure 7). L’augmentation de charge aboutit à une augmentation de l’amplitude de la contrainte sans altérer la localisation des contraintes sur le sabot.

Anatomiquement, la ligne formée entre le tiers médian et le tiers distal de la paroi correspond au bord libre de la troisième phalange (Figure 8).

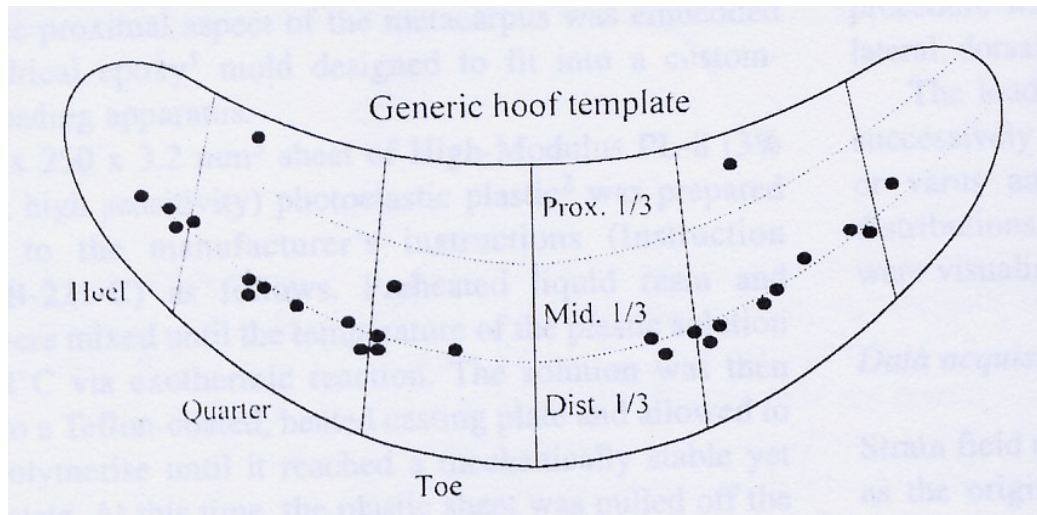
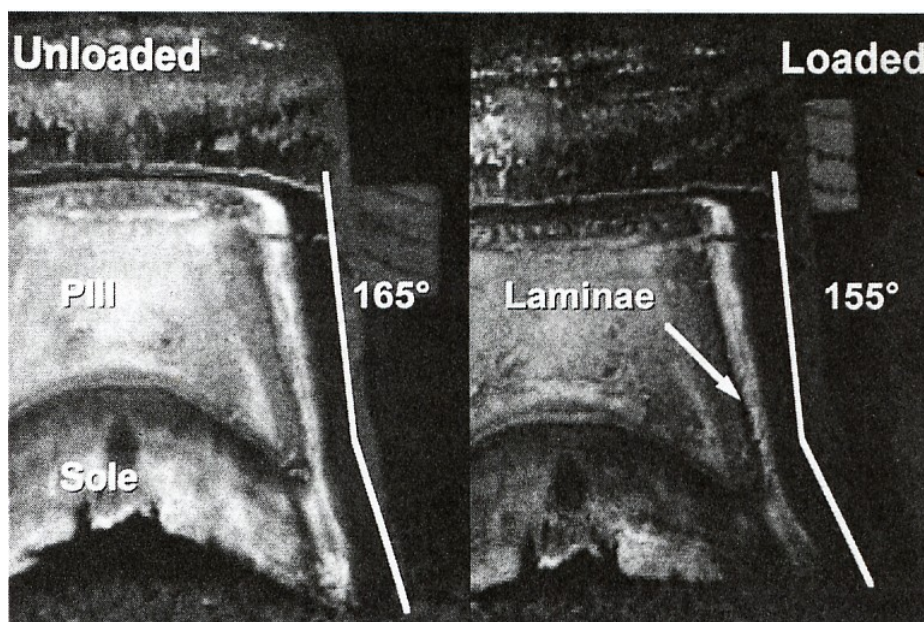


Figure 7 : Diagramme de répartition des contraintes exercées sur la paroi lors de sa mise en charge. D'après Dejardin LM *et al* [8]



Forme de la paroi sans charge Forme de la paroi lors d'une charge axiale

**Figure 8 : Illustration de la déformation de la paroi lors de charge axiale
D'après Dejardin LM *et al* [8]**

La paroi en quartiers est plus flexible que la paroi en pince [11]. Lors de la mise en charge, on constate que la couronne en pince se déplace caudalement alors que la couronne en quartiers et talons se déplace latéro-distalement pour le bord latéral et médio-distalement pour le bord médian (Figure 9).

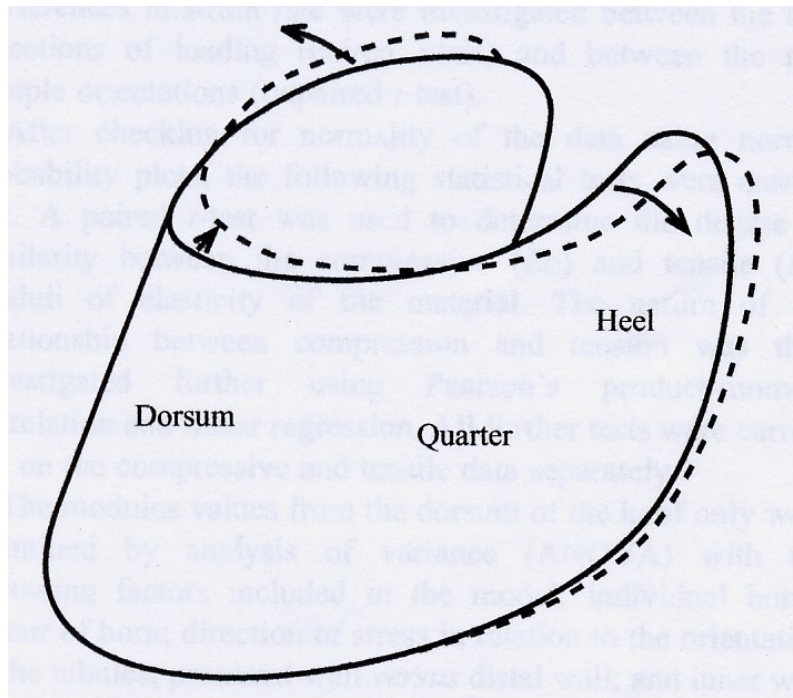


Figure 9 : Diagramme montrant la déformation d'une paroi entre le sabot sans charge (trait plein) et un sabot en charge (trait pointillé). D'après Douglas JE *et al* [11]

De plus, la partie externe de la paroi est plus élastique que sa partie interne.

La différence d'élasticité entre le stratum externum et le stratum medium peut être mis en relation avec les caractéristiques tubulaires de ces zones. En effet, il semble que la rigidité soit plus importante dans la zone contenant de la corne tubulaire et de la corne inter tubulaire (stratum medium) par rapport à la zone ne contenant que de la corne tubulaire (stratum externum). La corne inter tubulaire assure la cohésion entre les tubules et limite l'amplitude de leurs mouvements, ce qui explique la différence observée [11].

Dans le stratum medium, la densité tubulaire diminue de l'extérieur vers l'intérieur [36]. Cette composition en plusieurs strates permet d'absorber les contraintes mécaniques imposées au sabot. Elle est en rapport avec l'augmentation de rigidité du stratum medium de l'extérieur vers l'intérieur.

Si nous comparons l'humidité et la rigidité de la paroi, il est démontrable que la variation de rigidité entre l'extérieur et l'intérieur de la paroi est inversement proportionnelle à la variation d'humidité. En effet la paroi est plus rigide de l'intérieur vers l'extérieur alors que son taux d'humidité est plus important de l'extérieur vers l'intérieur [11].

Les chevaux peuvent avoir des sabots à corne « blanche » (non pigmentée) et des sabots à corne noire (pigmentée). On dit souvent que la corne blanche est plus fragile que la corne noire. Or il n'existe pas de différence significative entre ces deux types de corne en ce qui concerne leurs caractéristiques mécaniques [8,10,11]

2- Perméabilité

La paroi constitue une barrière imperméable. Cette caractéristique est due à la présence du stratum externum. En effet, la perméabilité entre les différentes couches de la paroi n'est pas la même. Il semble que la zone externe soit imperméable alors que du stratum médium au stratum internum la perméabilité est croissante [19].

Les propriétés de perméabilité de la paroi restent inchangées lorsque la paroi est chauffée ou plongée plus ou moins longtemps dans l'eau.

Ces observations sont exactes lorsque la paroi est saine. Si des brèches sont créées dans le stratum externum, la perméabilité de la paroi est alors modifiée et l'eau gagne les couches profondes. On constate ici, l'intérêt de l'intégrité de la couche externe sachant qu'un milieu humide est favorable au développement de pathogènes.

Le sabot semble bien adapté à sa fonction d'interface entre le cheval et le sol lors de l'appui. Il permet de ne pas mettre au contact du sol les structures sensibles et d'amortir les forces qui sont imposées lors de l'appui.

Toutefois, cette structure si bien organisée peut présenter des lésions qui peuvent être fortement invalidantes pour le cheval. Ces lésions, lorsqu'elles sont douloureuses, entraînent rapidement une boiterie.

Des composés présentant des caractéristiques mécaniques proches de celles de la corne ont été développés. Leur capacité adhésive est indispensable pour assurer la fonction à laquelle ils sont destinés : à savoir la réalisation de prothèses de la boîte cornée.

Ces composés seront détaillés dans la partie suivante.

**PARTE II : MATERIAUX ADHESIFS DISPONIBLES POUR LA CORRECTION
DES LESIONS DE LA PAROI**

I- Caractéristiques nécessaires

Les matériaux de réparation doivent posséder des caractéristiques se rapprochant au mieux de celles de la corne naturelle (voir première partie). Cette corne est semi-rigide et flexible, elle absorbe l'énergie, elle constitue une barrière protectrice pour le transfert des forces du sol sur les axes osseux et elle permet le brochage des clous. Elle est aussi imperméable et peu conductrice de chaleur.

Pour Jenny *et al* [16] la substance idéale doit posséder des propriétés d'élasticité proches de celles de la corne, de bonnes propriétés adhésives, une imperméabilité à l'eau, à l'urine acide et aux fèces ainsi qu'un temps de polymérisation court. De plus la réaction exothermique produite lors de la polymérisation ne doit pas être trop importante afin de limiter les risques de brûlures.

Certains composés regroupent les caractéristiques nécessaires et sont employés dans la réalisation de prothèse cornée.

II- Différents matériaux existants et leurs applications

1- Polyméthylméthacrylate (PMMA)

Il s'agit du premier acrylique utilisé dans les réparations de sabot.

a- Définition

Le PMMA est un homo polymère fabriqué par polymérisation de radicaux libres vinyliques et d'ester d'acide 2-méthyl-2-propanoïque.

b- Historique

Ce polymère a été découvert en 1870 et commercialisé pour la première fois en 1927 comme matériau de réparation. Sa première utilisation médicale est décrite en 1936, il servait alors de prothèse dentaire.

Pour la réparation des sabots, le PMMA seul constitue un matériau trop cassant et ne convient pas. La longue chaîne de PMMA sert donc de matrice et est combinée à des polymères caoutchouc et/ou à des époxy [5].

Ainsi associé, le PMMA devient un produit adéquat pour la réparation du sabot car il présente des caractéristiques adhésives très intéressantes ainsi que des caractéristiques mécaniques proches de celles de la corne.

c- Caractéristiques

Le PMMA est composé généralement de deux composants qui sont soit mixés dans un applicateur comprenant deux cartouches, soit mélangés à la main quand l'utilisateur veut varier les proportions afin de modifier les caractéristiques de la résine.

Une fois les deux composants mélangés, le durcissement du produit intervient en 2 à 15 minutes. Cet écart de durée est fonction des composés utilisés en association avec le PMMA et de leur proportion respective, de l'humidité présente dans l'environnement et de la température extérieure. Ce temps de durcissement peut être accéléré par l'application de chaleur. En pratique courante un sèche cheveux ou en décapeur thermique feront très bien l'affaire.

Cette réaction de durcissement est très exothermique. Bien que cela ne pose généralement aucun problème, une chaleur significative est générée à l'interface adhésif/sabot. Des précautions sont donc à prendre lors de l'utilisation sur un sabot immature de foal ou lors de perte de substance pour lesquelles il ne subsiste qu'une fine couche de tissu kératinisé au-dessus des tissus mous sensibles.

C'est un produit facile d'utilisation [5].

d- Indications

Ce PMMA semble être le matériau de réparation le plus utilisé. Il convient dans un grand nombre de cas [5] :

- Extension de pied sur des foals ;
- Réparation de seimes en pince et en quartier ;
- Renforcement d'une paroi grêle ;
- Reconstruction de pied après une perte de substance d'origine infectieuse, traumatique ou encore chirurgicale ;
- Reconstruction ou support en talons ;
- Comblement de sole ;
- Collage de fer ;
- Prothèse pour des foals prématurés ;

Il est évident que les possibilités d'utilisation de ce composé ne se limitent pas à cette liste. Lorsqu'une bonne maîtrise du composé dans les situations standards est obtenue, son utilisateur peut imaginer toutes sortes de réalisations.

2- Polyuréthane

a- Définition

Il s'agit de polymères organiques qui ont été découverts en 1937.

Ces polymères sont réalisés en faisant réagir :

- Soit un polyol et un diisocyanate ;
- Soit un polymère d'isocyanate, un catalyseur et un additif adéquat.

b- Caractéristiques

Le système utilisé pour les réparations de la boîte cornée possède deux composants qui sont mixés au moment de l'application.

Le produit final présente des caractéristiques de rigidité, de solidité et d'adhérence qui sont totalement variables et qui dépendent du procédé et des produits chimiques employés.

Le durcissement de ce produit dure de une à quinze minutes et se traduit par une forte réaction exothermique. Les risques de brûlures sont plus importants que lors de l'utilisation de PMMA.

Ce produit est sans odeur lors de son application [5].

c- Indications

Le polyuréthane convient aux mêmes situations que le PMMA.

De plus, il semble que ce matériau permette la création d'un fer sans métal [5,42].

Comme pour les PMMA, l'imagination et l'inventivité de l'utilisateur peuvent permettre d'augmenter cette liste d'indications.

3- Cyanoacrylate

a- Définition

Le cyanoacrylate a été découvert en 1942.

Il s'agit de polymère servant de colles liquides de faible viscosité et qui ont la propriété de durcir au contact de l'air.

Le nom commun des cyanoacrylates est la superglue.

b- Caractéristiques

Il s'agit d'un composant unique qui est très adhésif.

Il présente une excellente force de collage mais une pauvre force de souplesse ce qui limite ses applications.

Le durcissement est rapide car il prend environ 3 minutes.

Ce durcissement est inhibé par les acides du polymère. Une fois le produit appliqué, les saletés et les moisissures neutralisent les acides du polymère et la polymérisation est alors possible. Cette dernière se réalise de l'extérieur vers l'intérieur.

Ces caractéristiques de durcissement font que lors d'une application trop épaisse de produit, la polymérisation complète ne peut se faire et la prothèse tombe.

c- Indications

L'application la plus courante du cyanoacrylate est la correction d'une perte fine de substance.

Le collage des fers peut être réalisé également avec ce produit.

Il semble que le cyanoacrylate ne soit pas utilisé de façon régulière en pratique courante. Sa forte rigidité et sa rapidité de durcissement en font un produit difficile à utiliser et dont les applications dans la réparation de la boîte cornée sont limitées [5]

4- Epoxy

a- Définition

Il s'agit de polymères formés à partir d'époxydes. Un époxyde étant une fonction constituée par la liaison de deux atomes voisins d'une chaîne carbonée à un même atome d'oxygène extérieur à la chaîne.

b- Caractéristiques

Les époxy se présentent sous forme de deux composants dont le mélange provoque la polymérisation. Cette dernière se réalise à température ambiante et le durcissement de ce matériau nécessite entre 5 et 15 minutes selon la température ambiante.

c- Indications

L'utilisation des époxy est limitée au collage des fers à languette et au collage des dalers sur les foals.

III- Effets secondaires de ces produits

D'après [41], Cheramie et O'Grady [5] expliquent que le PMMA est utilisé dans diverses applications industrielles et médicales avec des effets secondaires minimaux.

Lors du durcissement, les produits acryliques dégagent tout de même des fumées irritantes. Il semble que des irritations oculaires et respiratoires soient observées lors de l'utilisation de ces produits. Cependant une exposition chronique de deux ans au MMA a été réalisée sur des rats à des concentrations variables. Cette exposition ne semble pas avoir affecté l'épithélium pavimenteux. Les effets sur l'épithélium respiratoire ont été observés à partir d'un niveau d'exposition de 400 ppm et se sont traduits d'une part par une hyperplasie faible à modérée des glandes sous muqueuses et/ou des cellules en gobelet et d'autre part par une inflammation de la muqueuse et de la sous-muqueuse.

Les effets les plus significatifs observés ont été des changements histopathologiques concentration-dépendants sur la portion olfactive du méat dorsal. Ces changements incluent une dégénérescence et une atrophie de l'épithélium neurogénique et des glandes sub-muqueuses, une hyperplasie des cellules basales et un remplacement de l'épithélium olfactif par un épithélium cilié.

Les niveaux d'exposition induisant les modifications histologiques décrites ci-dessus ne sont pas atteignables en utilisant le matériel de réparation à base de PMMA [41].

Lors de sa commercialisation, le PMMA a été classé comme matière non cancérogène lors de son utilisation dans la réparation de la boîte cornée.

Le polyuréthane quant à lui est non toxique et sans odeur. Ces deux caractéristiques lui confèrent un certain avantage.

Le cyanoacrylate est peu utilisé en pratique. De plus des problèmes de santé sont décrits concernant son inhalation et surtout les risques de brûlures et de collage de peau.

Ces résines intervenant dans la réparation des sabots ne présentent donc pas de risque majeur. Leurs utilisations en pratique courante ne datent que d'une dizaine d'années, ce qui ne nous permet pas de juger des effets à long terme.

Quelques recommandations sont donc à promouvoir auprès des utilisateurs :

- Il est important de travailler dans un endroit bien ventilé afin de disperser au mieux les fumées produites au cours du durcissement ;
- L'utilisation de deux paires de gants en latex, de lunettes et d'un masque de protection sont nécessaires ;

Il est important de rappeler que ce qui n'est pas confortable pour nous (inhalation de fumées irritantes par exemple) ne l'est pas non plus pour le cheval.

	PMMA	Polyuréthane	Cyanoacrylate	Epoxy
Indications courantes	-extension de pied sur des foals ; -réparation de seimes en pince et en quartier ; -renforcement d'une paroi grêle ; -reconstruction de pied après une perte de substance d'origine infectieuse, traumatique ou encore chirurgicale ; -reconstruction ou support en talons ; -comblement de sol ; -collage de fer ; -prothèse pour des foals prématurés ;	-idem PMMA - réalisation de fer en résine	-correction d'une perte fine de substance -collage des fers	-collage des fers à languette -collage des dalmers sur les foals
Avantages	-Facilité d'utilisation - faible réaction exothermique -	-Absence d'odeur	-Grande force adhésive	
Inconvénients	- effets secondaires sur le tractus respiratoire par inhalation des vapeurs	-Forte réaction exothermique pouvant être à l'origine de brûlures	-forte rigidité -rapidité de polymérisation -Collage des doigts -Risque de	

			brûlures	
Solvants	-Acetone	-Alcool		-Ether
Quelques noms déposés	-Equilox	-Adhere chezVettec	-Superglue	

Tableau 1: Synthèse des caractéristiques des résines utilisées dans les reconstructions de pied.

Ces résines ont été développées dans le but d'améliorer le confort et les performances des chevaux lors de pathologies de la boîte cornée. Les défauts d'intégrité de la paroi font partie de ces pathologies. Elles seront présentées dans la partie suivante.

PARTIE III : LES LESIONS DE LA PAROI

I- Les Seimes

1- Définition

Une seime est une lésion de la paroi parallèle à la direction des tubules cornés [1, 6, 20]

2- Etiologie

La principale cause d'apparition d'une seime est un mauvais entretien des pieds. Cela signifie que les soins d'usage, le parage ainsi que la ferrure peuvent être mis en cause.

Ce mauvais entretien conduit à des causes que l'on peut détailler de façon plus spécifique et dont la liste apparaît ci-dessous :

- Une corne présentant une consistance trop dure ou trop molle ;
- Une corne sèche chez un cheval dont l'activité est réduite et qui ne reçoit pas de graisse ;
- Une distension de la corne due à des anomalies d'aplomb ou de forme du sabot (pince longue et talons fuyants par exemple) ;
- Une encastelure ;
- Une lésion traumatique de la membrane kératogène ;
- Une compression des tissus mous du pied due à la présence d'une arthrose de l'articulation inter phalangienne distale ;
- Une ossification des cartilages ungulaires, réduisant l'élasticité de la boîte cornée ;
- Un mauvais parage entraînant un appui irrégulier et imposant des contraintes mécaniques non homogènes à la boîte cornée ;
- Une asymétrie de la hauteur des talons ;

- Une utilisation de fers mal adaptés ou mal forgés (des fers trop courts, trop ou pas assez couverts, déformés, non plats par exemple)
- Une rupture du bord d'appui de la paroi chez les chevaux non ferrés ;
- Un brochage des clous trop haut. Lors de la ferrure suivante, le parage n'efface pas les trajets de ces clous et ces trajets persistent sous les nouveaux clous. Cette situation entraîne une fragilisation de la paroi ;
- Une période trop longue entre deux ferrures implique une croissance de la paroi au-dessus du fer au-dessus duquel elle se recourbe et se fend ;

Cette liste de causes n'est pas exhaustive mais elle reflète les situations les plus fréquemment rencontrées [1, 6, 20]

3- Classification

Quatre critères interviennent dans la classification des seimes :

- Leur localisation : les seimes peuvent se localiser en pince, en mamelle, en quartier, en talon, sur la barre, sur la sole ou bien encore sur la fourchette (Figure 10);



a- Exemple de seime en pince



b- Exemple de seime en quartier



c- Exemple de seime en mamelle

**Figure 10 : Exemples de localisations de seimes
D'après Duvernay B [12].**

- Leur point de départ : les seimes peuvent débuter soit au bord solaire de la paroi soit sur la couronne ;
- Leur extension : les seimes peuvent être partielles ou parcourir toute la hauteur de la paroi ;
- Leur profondeur : les seimes peuvent affecter uniquement le périople ou le périople et le stratum medium dans des proportions variables ou enfin toute l'épaisseur de la paroi jusqu'au pododerme ;

Un sondage de la paroi à la pince à sonder, l'introduction d'un flexible dans la zone de perte de substance et une percussion de la zone entourant la lésion permettent d'évaluer l'étendue de cette dernière.

Une radiographie de pied sans et avec un produit de contraste peut donner de bonnes indications pour caractériser le type de seime.

4- Symptômes

Les seimes peu étendues, superficielles et débutant au bord d'appui de la paroi n'engendrent généralement pas de sensibilité particulière et n'entraînent donc pas de boiterie. Elles peuvent être résolues rapidement par une gestion simple du pied.

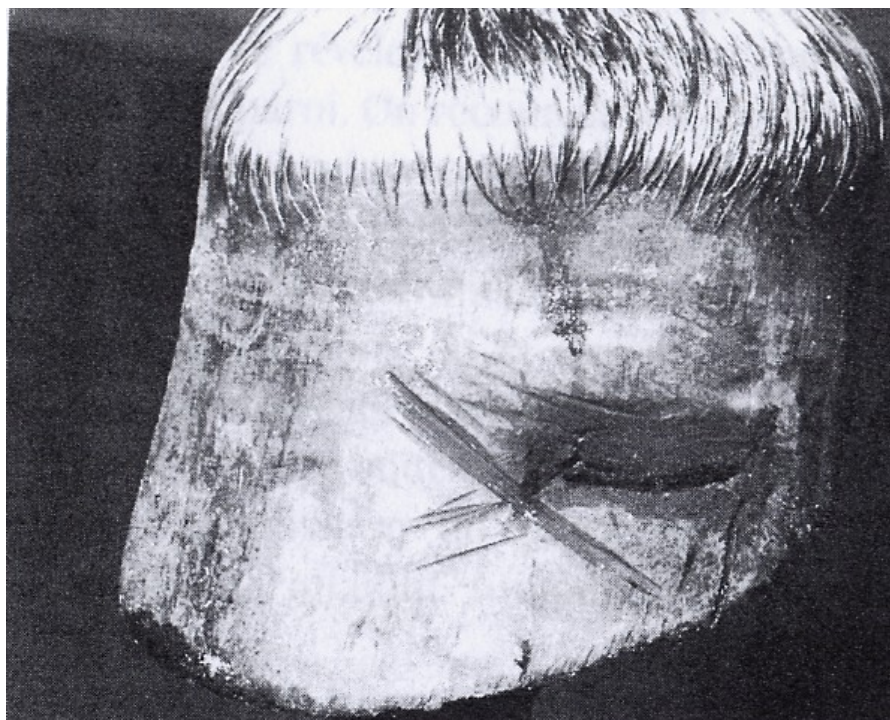
Les stades plus avancés entraînent une sensibilité à la pression au-dessus et autour de la fente. Le poulx digité du membre correspondant peut être marqué et une boiterie de degré un à trois sur cinq peut être observée.

Les seimes pénétrantes quant à elles, s'accompagnent de boiterie de degré deux à cinq sur cinq, d'un fort poulx digité du membre correspondant et généralement d'un écoulement de pus. Ce stade peut conduire à une inflammation purulente diffuse de la couronne ou à un kéraophyllocèle.

Le pronostic des seimes dépend principalement de la conformation du sabot et peu du stade de la seime. Les seimes affectant des sabots normaux sont de traitement plus ou moins facile et de bon pronostic. Au contraire, les seimes affectant des sabots présentant des anomalies (talons fuyants et couronne surplombante) ou portant un membre avec un défaut d'aplomb sont de traitement difficile et de pronostic défavorable.

Remarque sur les fractures du sabot :

Ce sont des lésions qui sont perpendiculaires à la direction des tubules cornés. Elles sont classiquement appelées seime horizontale [1,6]. Cependant, si on prend la définition stricte des seimes, les fractures de sabot deviennent une entité pathologique à part entière [20].



**Figure 11 : Exemple de fracture de la paroi
D'après Korber HD [20]**

Deux causes principales sont à l'origine des fractures de paroi :

- La première est une lésion plus ou moins étendue de la couronne. Cette lésion aura pour conséquence un défaut momentané de production de corne. Une lésion parallèle à la couronne sera poussée vers le bas par l'avalure normale lorsque la lésion de la couronne sera cicatrisée.
- La seconde est une coupure de la paroi qui peut avoir soit une origine traumatique, soit une origine chirurgicale.

Les symptômes sont les mêmes que pour les seimes et le pronostic est favorable.

II- La maladie de la ligne blanche

1- Définition

La maladie de la ligne blanche est un nom générique qui désigne un défaut de substance au niveau de la ligne blanche associé à une quantité de facteurs (Edwards 1980, Redden 1990, Young 1993, Pollitt 1995).

O'Grady [28] définit cette maladie comme un processus de lyse de la kératine aboutissant au final à des dommages structuraux et à une séparation entre le stratum médium et le stratum lamellatum.

Ce terme de « Maladie de la ligne blanche » est discutable. En effet, il s'agit d'un terme descriptif car la ligne blanche ne constitue pas une entité anatomique mais une zone visuelle qui ne peut, par définition, subir de lésion.

Plusieurs termes peuvent être employés pour décrire cette pathologie :

- La dénomination d'Onychomycose a été employée par le Dr Burney Chapman car cela correspond à l'infection fongique des ongles de la main et du pied en médecine humaine ;
- Turner TA [40] utilise les termes « d'infection due aux levures », « de candidose » ou bien encore « de pied pourri ».

Malgré cette multitude de dénominations, le terme de « Maladie de la ligne blanche » reste le plus usuel.



a- Exemple de paroi crayeuse typique d'une maladie de la ligne blanche.

On peut observer la séparation des couches de la paroi. D'après Moyer W [23].



b- Sabot atteint de maladie de la ligne blanche - vue de face. D'après Wildenstein M [42].

Figure 12: Illustration de sabots atteints de maladie de la ligne blanche.

2- Etiologie

L'âge, le sexe et la race ne semblent pas intervenir dans l'apparition de la maladie de la ligne blanche.

De nombreuses causes ont été listées mais aucune n'a été formellement prouvée.

Nous pouvons séparer ces causes en deux catégories :

a- Les causes infectieuses

Kuwano *et al* [21] ont réalisé une étude à partir d'échantillons prélevés sur des sabots de chevaux atteints de maladie de la ligne blanche. A partir de fines coupes histologiques, ils ont pu montrer que pour toutes les lésions, des espaces irréguliers existaient entre l'intérieur de la paroi et la sole.

Ces espaces sont tapissés de bactéries basophiles.

Sur des chevaux suspects d'onychomycose, 10 échantillons sur 7 ont révélé la présence de *Scedosporium apiospermum* et/ou de *Pseudallescheria boydii* (considéré comme un telomorphe de *Scedosporium apiospermum*).

L'onychomycose étant une infection fongique conduisant à la destruction de l'ongle par des saprophages, lorsqu'elle touche le sabot, sa traduction clinique est la maladie de la ligne blanche.

L'étude de Kuwano *et al* [21] isole Génus *Scedosporium*, champignon produisant une protéase qui dissout la corne, dans 70% des cas. Il serait donc l'agent principal d'onychomycose au Japon.

Michael Wildenstein [42] réalise une étude peu significative car ne portant que sur 5 cas, mais isole pour chaque cas une infection fongique (*Trichoderma sp*, *Mucor sp*, *aspergillus glaucus*, *gliocladium sp*)

Toutes ces études sont intéressantes, mais elles doivent être modérées par le fait qu'il est difficile de savoir si l'agent isolé est responsable de la lésion ou s'il profite de sa présence.

b- Les causes mécaniques

Les causes mécaniques peuvent être dues à un défaut de parage ou à un défaut de conformation. La liste présentée ci-dessous n'est pas exhaustive mais rappelle les principales causes [1,6,20]:

- Pied mal équilibré naturellement ou à cause d'un défaut de parage ;
- Angle aigu du pied (pince longue et talons fuyants) ;
- Déformations angulaires (contracture des tendons par exemple) ;
- Seimes ;
- Traumatismes entraînant une perte de substance ;
- Abscesses chroniques ;
- Fourbure chronique avec rotation de la troisième phalange ;

Toutes ces causes entraînent une séparation créant un vide qui supprime le mécanisme de protection de la jonction sole/paroi et permet l'entrée des champignons et des bactéries pathogènes environnementaux.

Il ne semble pas y avoir une cause unique à la maladie de la ligne blanche, mais une inter relation entre différents facteurs qui interviennent dans des ordres différents selon les conditions d'environnement.

3- Symptômes

Dans la phase précoce de la maladie, aucun signe d'inconfort n'est observable. Seule une zone crayeuse le long de la jonction sole/paroi est visible après une observation minutieuse.

A un stade plus avancé, un léger inconfort peut apparaître. Il se traduit par une douleur lors de l'examen à la pince exploratrice, une chaleur occasionnelle du pied concerné, une sole qui peut devenir molle. L'avalure ralentit et un son clair peut être mis en évidence à la percussion.

Au fur et à mesure de l'évolution, la ligne blanche visible sur un pied au soutien devient donc plus large, plus molle et prend une structure crayeuse (Figure 12).

Le plus souvent, la maladie de la ligne blanche est indétectable jusqu'au stade révélant un inconfort de la part du cheval.

La profondeur de la séparation peut être estimée par un sondage de l'espace créé (Figure 13).



Figure 13 : Illustration du sondage d'une séparation de paroi lors de maladie de la ligne blanche. D'après Wildenstein M [42].

Le degré de séparation de la paroi peut être évalué grâce à une radiographie de profil du pied avec ou sans produit de contraste. Une radiographie de bonne qualité ne nécessite pas l'emploi de produit de contraste.

Lors de lésions importantes, cette entité pathologique peut avoir les mêmes caractéristiques cliniques et radiographiques que la fourbure. A savoir, une séparation de la paroi et des tissus mous sous jacents ainsi qu'une rotation de la troisième phalange.

III- La fourmillière

1- Définition

La fourmillière est une séparation des différentes couches de corne de la paroi, des couches pigmentée et non pigmentée de la corne tubulaire et de la corne lamellaire [20].



Vue dorsale



Vue plantaire

**Figure 14 : Illustrations de fourmillière.
D'après Korber HD [20].**

2- Etiologie

La fourmillière est le résultat d'une contusion violente du sabot. Elle concerne le cheval qui tape dans les murs, celui qui tape une barre d'obstacle ou celui qui travaille à allure vive sur sol dur.

Une pododermatite peut aussi être à l'origine d'une fourmillière.

Cette pododermatite pouvant avoir comme origine une compression par les clous, une fourbure chronique, un crapaud ou bien des affections de la couronne.

3- Symptômes

La fourmillière peut présenter une extension rapide. Cette dernière se réalise proximale.

Une déformation de la paroi est visible et se traduit par un bombement de la face dorsale.

Une sensibilité à la pression peut être mise en évidence et une percussion révèle la présence d'une cavité (son clair) et permet de juger de son extension.

Une boiterie de degrés un à trois sur cinq est souvent associée.

Le poulx digité peut être plus marqué si une inflammation du pododerme est associée.

Un sondage à l'aide d'un flexible souple est réalisable par la face solaire.

Une radiographie du pied avec et sans produit de contraste est l'examen complémentaire de choix.

Le pronostic est à moduler en fonction de la sévérité de la lésion. Si la boîte cornée n'est pas déformée, la fourmillière sera soignable. Au contraire, si la troisième phalange s'est abaissée et qu'un bombement de la sole est observé, aucun traitement ne permettra de revenir à une situation normale.

IV- Prévention

La fréquence d'apparition des lésions de paroi peut être diminuée par une hygiène et un entretien régulier des sabots.

Cette attention portée à la boîte cornée passe tout d'abord par un nettoyage quotidien. Un graissage de la paroi avec de l'onguent blond et de la sole ainsi que de la fourchette avec du goudron de Norvège doit être réalisé deux à trois fois par semaine.

A chaque ferrure, le maréchal ferrant doit réaliser un examen minutieux du pied pour déceler les premiers signes d'une lésion en formation avant qu'elle ne devienne profonde et douloureuse. Un parage régulier en respectant l'équilibre du pied, en raccourcissant la pince et en laissant de la hauteur en talon, permet de diminuer les contraintes imposées à la boîte cornée et de diminuer sa fragilité.

Le fer utilisé doit présenter les caractéristiques qui vont correspondre aux besoins du pied sur lequel il va être posé.

La ferrure à chaud permet de cautériser la zone appelée ligne blanche. Cela stérilise cette zone et limite l'incidence de la maladie de la ligne blanche.

Pour des pieds sensibles, il est préférable d'éviter un environnement humide favorable au développement de champignons et de moisissures.

La pousse de la corne peut être favorisée par l'application d'huile de laurier en couronne. Cela provoque une inflammation du bourrelet coronal et en réponse à cette inflammation une pousse plus importante. Cette pousse peut être améliorée aussi par l'apport de compléments minéraux dans l'alimentation (biotine, zinc).

Enfin, la gestion du sabot passe par la prévention des traumatismes sur la paroi, sur la sole et sur la couronne

Toutes ces pathologies se révèlent invalidantes tant pour le cheval athlète que pour le cheval de loisir. Les traitements envisagés pour la résolution des lésions de la boîte cornée comprennent tous une résection et un débridement plus ou moins importants de la paroi afin de permettre la repousse d'une corne cohérente, adhérente au pododerme et solide. Les principes de ces traitements seront envisagés dans la quatrième partie.

Les traitements classiques nécessitent un temps important car ils sont dépendants de l'avalure. Pour le cheval, le temps nécessaire avant un retour à l'activité est en rapport avec l'étendue de la lésion.

Ce temps de repos imposé peut cependant être écourté. En effet, ces lésions peuvent être traitées à l'aide de résine qui permettent au maréchal ferrant de reconstruire entièrement une paroi. Ces techniques sont étudiées depuis longtemps mais elles se sont surtout démocratisées ces 15 dernières années. Ces prothèses permettent d'augmenter le confort du cheval et de retourner plus rapidement à l'entraînement.

PARTIE IV : TECHNIQUES EMPLOYEES POUR LA CORRECTION DES LESIONS DE LA PAROI

Toutes ces étapes vont être longues.

La première des choses à faire est de trouver un aide pour tenir la tête du cheval. Cet aide devra rester calme et patient.

Selon le tempérament du patient, une légère sédation voir une anesthésie digitale moyenne seront nécessaires.

Au cours de toutes les étapes qui vont suivre, le vétérinaire et le maréchal ferrant ont tout intérêt à travailler ensemble et à partager leurs points de vue respectifs.

I- Identification de la lésion

La première étape lors du traitement d'une lésion consiste en son identification ainsi qu'en sa caractérisation. Cette règle s'applique aussi aux lésions de la boîte cornée.

Il est nécessaire de caractériser la lésion par sa localisation, son étendue, sa profondeur et sa traduction clinique en terme de douleur et de répercussion sur les allures.

Le recueil des commémoratifs est toujours informatif. Se renseigner sur les conditions de vie du cheval (herbage ou box), la qualité de son environnement, ses antécédents de maladie de pied et les soins qui y ont été apportés. La périodicité des ferrures ou des parages est une donnée importante.

Lors d'un soulagement locomoteur, un examen orthopédique complet (terrain dur et mou, test de flexion et test à la pince) est la première chose à réaliser pour confirmer ou infirmer l'origine de cette gêne. Il faut profiter de cet examen pour caractériser les défauts d'aplomb et/ou les déviations angulaires existantes.

Un examen minutieux du pied doit ensuite être pratiqué. Une sédation et une anesthésie digitale moyenne peuvent être envisagées si le cheval n'est pas coopératif ou s'il est douloureux. Cet examen se réalise sur un pied déferré et correctement nettoyé.

On définit tout d'abord la zone du sabot contenant la lésion (pince, mamelle, quartier, talon, sole, barre ou fourchette) et on essaie d'identifier sa zone d'origine.

Il faut ensuite évaluer l'étendue de la lésion. Un test à la pince exploratrice, la percussion du pied avec un marteau ainsi que l'introduction d'un flexible dans la perte de substance permettent de se faire une idée de l'étendue de la lésion.

L'introduction d'un écouvillon dans la brèche permet de juger de la présence d'une éventuelle suppuration.

L'examen complémentaire de choix à effectuer est la radiographie de profil et/ou de face du pied. En effet une première radiographie sans produit de contraste apporte des

données intéressantes sur l'état du sabot et surtout sur le statut ostéo-articulaire des phalanges distale et proximale, de l'articulation inter phalangienne distale et de l'os naviculaire. Cette première radiographie peut être complétée par une seconde réalisée avec du produit de contraste. On prépare alors le pied en introduisant du produit de contraste à l'intérieur de la lésion. On peut appliquer aussi du produit le long de la ligne de pince de la couronne à la zone d'appui. Cette deuxième radiographie nous informe sur l'étendue de la lésion et sur d'éventuelles atteintes de structures internes du pied. La ligne dorsale de produit de contraste peut nous permettre de mettre en évidence une descente ou un basculement de la phalange distale.

Lorsque tous ces examens ont été réalisés, on fait une synthèse des informations recueillies et on définit la lésion et toutes ces caractéristiques.

II- Techniques classiques utilisées dans le traitement des lésions de la paroi

Les lésions de paroi guérissent grâce à l'avalure physiologique du sabot.

Les principes de base du traitement sont donc de supprimer la cause, de stabiliser la fente et de supprimer les contraintes mécaniques imposées à la corne à son niveau.

1- Réalisation d'un sifflet et d'une rainure dans le traitement des seimes non pénétrantes

Pour les seimes peu profondes, ne présentant pas de suppuration et n'entraînant pas de soulagement lors de la locomotion, on râpe la zone de la paroi sur laquelle se situe la lésion jusqu'à effacer cette dernière. Cette intervention affine la paroi mais permet de mettre en évidence de la corne cohérente.

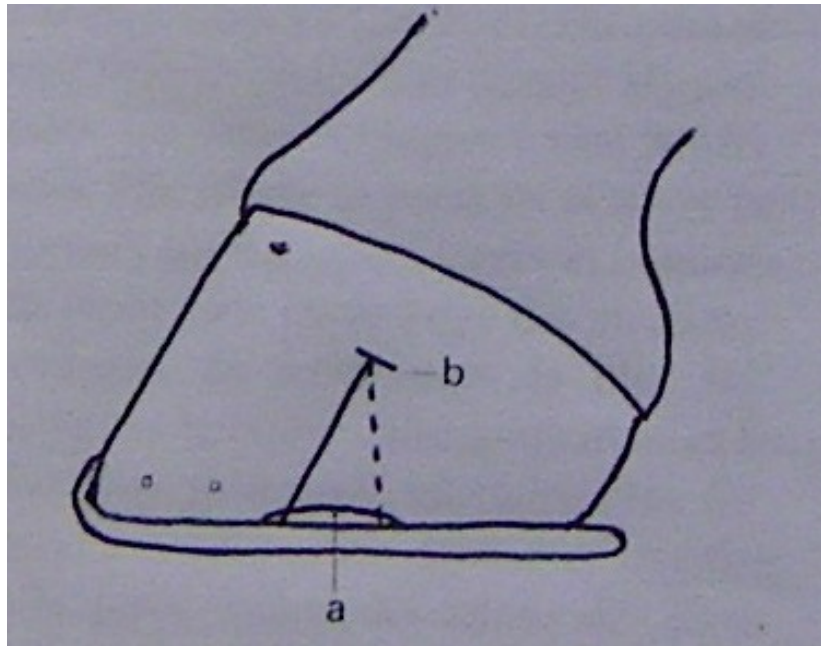
Lorsque l'effacement complet de la seime est impossible, on réalise, grâce à une râpe de maréchalerie, une rainure transversale à l'extrémité de la fente. Cette rainure limite l'extension qui suit l'orientation des tubules cornés. La profondeur de la rainure dépend de la profondeur de la seime.

Cette rainure est réalisable que l'origine de la seime soit la surface d'appui ou la couronne.

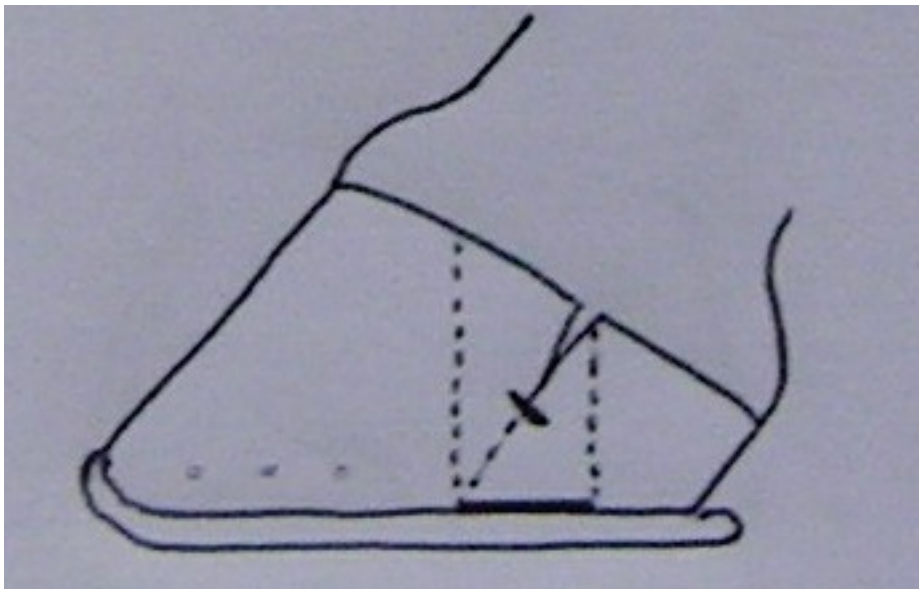
Afin de limiter l'écartement des bords de la seime à chaque phase d'appui, quelle que soit l'origine de la seime, on réalise un sifflet d'environ 3 mm de hauteur et suffisamment profond pour que le bord d'appui de la paroi et la sole ne portent pas sur le fer à la mise en charge du membre.

Pour s'en assurer, il suffit de mettre le cheval en appui unipodal.

La longueur du sifflet dépend de la longueur de la seime et obéit au principe du parallélogramme des forces (Figures 15 et 16).



**Figure 15 : Traitement classiquement réalisé pour une seime dont l'origine se situe à la surface d'appui : a-réalisation d'un sifflet, b- réalisation d'une rainure.
D'après Korber HD [20]**



**Figure 16 : Schéma de la réalisation d'un sifflet lors d'une seime en couronne.
D'après Korber HD [20].**

Outre le sifflet, le parage devra permettre un appui régulier pour permettre une avalure régulière et homogène. Cela permettra la mise en place d'une corne de bonne qualité.

2- Débridement et assainissement lors de lésions importantes et/ou infectées et/ou hémorragiques

L'intervenant doit travailler dans un endroit vaste, propre, sec, à température ambiante et bien ventilé. La surface du sol doit être lisse et horizontale.

La première étape est toujours la réalisation d'un bon parage du pied.

a- Débridement

La zone présentant la lésion est ouverte et débridée.

Toute la corne n'étant plus adhérente est réséquée. La corne est retirée jusqu'au stratum médium au minimum et plus profondément si la lésion est pénétrante. Cette opération permet d'exposer les couches internes et les tissus mous lésés.

Laisser de la corne détachée favorise la rétention des moisissures, des champignons, des bactéries et du matériel de colonisation. Il est donc nécessaire de pratiquer une résection large jusqu'à retrouver une corne et son attache saines [13,14,22,23,28,34].

Ce nettoyage est réalisé grâce à un rogne pied, des reinettes de différentes tailles, une râpe et une curette à os. Un Dremel peut s'avérer très utile. (Tous les maréchaux ferrant qui pratiquent ce genre d'intervention sont équipés d'un Dremel.) Les différents embouts permettent d'affiner au maximum le nettoyage de la zone lésée et de donner une forme optimale en vue de l'application de la résine (Figure 17)

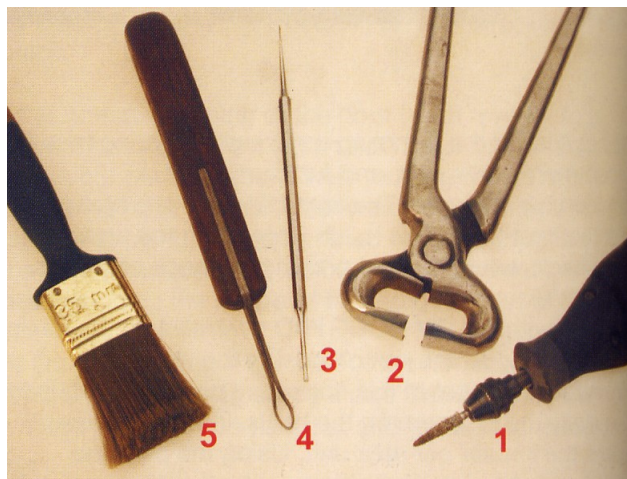


Figure 17 : Outils nécessaires à l'ouverture et au débridement d'une seime (1 Dremel, 2 pince à parer, 3 curette osseuse, 4 reinette, 5 brosse). D'après Duvernay B [12].

Une attention toute particulière lors de ces étapes doit être portée aux tissus mous. Il faut éviter tant que possible de léser ces tissus.



Figure 18 : Débridement et résection de la paroi lors de maladie de la ligne blanche. D'après Moyer W [23]



Figure 19 : Différents états d'un sabot au cours du débridement et de la résection de paroi. D'après Wildenstein M [45].

Des interventions régulières du maréchal toutes les deux semaines afin de réaliser un débridement de la zone vont permettre une jonction solide entre la partie interne de la paroi et la lamina sur l'ensemble de la périphérie.

Lorsque cette jonction est réalisée, grâce à un entretien régulier, la corne va pousser normalement.

b- Assainissement de la zone à traiter

Dans tous les cas, il faut nettoyer et désinfecter la zone débridée en y appliquant une solution désinfectante. Pour être efficace cette solution devra présenter les caractéristiques suivantes :

- destruction rapide des organismes visés ;
- non-nuisible pour le patient ;
- non-nuisible pour l'environnement ;
- coût raisonnable ;

Les différentes solutions utilisables sont présentées dans le tableau suivant avec leur efficacité sur les pathogènes les plus couramment retrouvés dans la corne.

Biocides	Principes actifs (ppm)	Pseudomonas aeruginosa (ppm)	Staphylocoque aureus (ppm)	Saccharomyces cerevisiae (ppm)
CLO2 Stabilisé	Dioxyde de chlore 20 000	48	93	95
Chlore	Sodium hypochlorite 180 500	1000	1000	1000
Iodophore	Polyvidone iodée 17 500	440	440	450
Glycéraldeyde Phenol- glyceraldeyde	Glycéraldeyde activé 20 000	2300	1200	620
	Glycéraldeyde inactivé 20 000	1600	2200	18000
Peroxyde d'hydrogène	Peroxyde d'hydrogène 300 000	36000	68000	270000
Ammonium quaternaire	Ammonium poly méthyls chlorhydrique	580	140	74
Phénol	Composés phénolés	1500	380	190

**Tableau 2 : Comparaison des solutions désinfectantes utilisables
D'après Wildenstein M [45].**

Hutchins [15] conseille de savonner l'ensemble de la boîte cornée afin d'obtenir un pied parfaitement propre.

Une solution iodée à 2 % semble être la solution utilisée le plus couramment. Le pied est généralement placé entièrement dans cette solution une dizaine de minutes [15,23,28]. Puis on réalise un pansement contenant des compresses imbibées de solution iodée à 2%. Ces compresses seront changées tous les trois jours.

Une autre méthode consiste à forger une plaque métallique à la forme de la paroi et de la placer sur la paroi à l'aide de vis. On peut alors placer des compresses sous la plaque et les changer régulièrement en dévissant la plaque et en la refixant après le changement de compresses [28]. Le seul défaut de cette méthode est la création de trous dans une corne qui n'est peut être pas parfaitement solide. De plus il faut refaire des trous au fur et à mesure de l'avalure, ce qui peut fragiliser la paroi (Figure 20).



**Figure 20 : Mise en place d'une plaque métallique pour pouvoir apporter des soins. Il faut une assez faible perte de substance pour pouvoir ancrer correctement la plaque.
D'après O'Grady SE [28].**

Wildenstein [45], pour l'onychomycose, propose de traiter le sabot affecté en le trempant dans une solution de dioxyde de chlore à 20 000 ppm. Il précise qu'il est important d'enfermer le pied dans un sac car il semblerait que ce soit le gaz qui agisse sur les spores fongiques. Ce dioxyde de chlore est utilisé par les dentistes pour traiter les infections dans la bouche dues aux champignons, aux levures et aux bactéries. Ce traitement doit être renouvelé une fois par semaine jusqu'à guérison (Figure 21).



**Figure 21 : Illustration de la technique décrite par Wildenstein.
D'après Wildenstein M [45].**

Le cheval doit être placé sur une litière autant absorbante que possible (copeaux par exemple) et entretenue avec attention.

3- Ferrures utilisées dans le traitement des lésions de la paroi

On essaiera de choisir un fer offrant une surface d'appui augmentée afin de répartir au mieux les contraintes mécaniques imposées à l'ensemble de la boîte cornée. La matière constituant le fer sera la plus légère possible afin de ne pas ajouter de contraintes de poids supplémentaire. L'aluminium semble être la matière la plus adaptée à ces ferrures orthopédiques [1,6,12,13,25,34].

Un fer à traverse couvert semble permettre une bonne répartition de l'appui. L'utilisation d'un fer associé à une plaque de cuir et un rembourrage au silicone permet de mettre en charge la sole et de soulager la paroi. Des pinçons latéraux peuvent être forgés afin de limiter les déformations de la boîte cornée durant la phase d'appui.

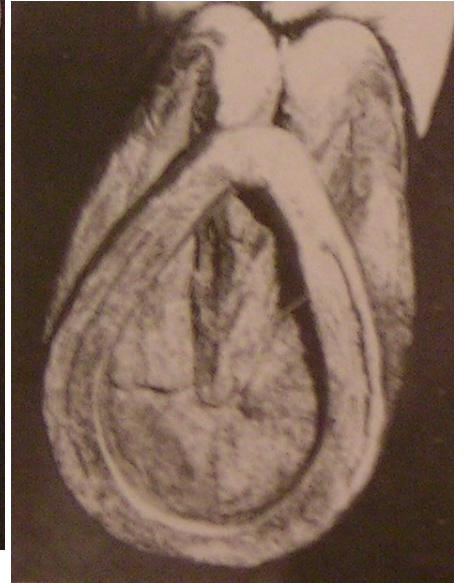
On pourra forger un fer spécial pour soulager une seime ou bien utiliser des fers en T, en champignons ou tout autre type selon les contraintes imposées par le pied mais aussi par la discipline pratiquée par le cheval (Figure 22).



Fer en champignon destiné à soulager les barres en cas de seime



Fer à pince alourdie et à éponges réunies, dont la branche externe a été déviée pour soulager une seime en talon



Fer en poire destiné à soulager une seime des barres

Figure 22 : Différents types de fer pouvant être utilisés pour soustraire le quartier ou le talon lors de l'appui. D'après Korber HD [20].

O'Grady [28] explique que le type de ferrure à apposer sur les pieds souffrant de maladie de la ligne blanche est à adapter à l'importance de la lésion. Ainsi pour une lésion de petite taille n'engendrant pas une perte de substance importante, on peut tout à fait apposer un fer normal. Par contre, lors de résection importante de la paroi, il est nécessaire d'augmenter le support. O'Grady cite les fers à traverse, les fers en cœur et conseille même de forger un fer qui serait une association de fer en œuf et en cœur.

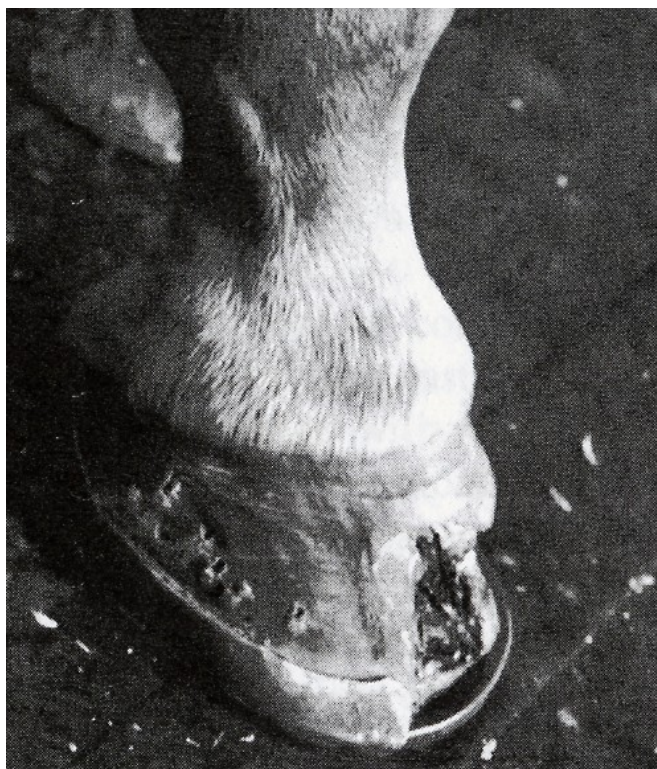


Figure 23 : Pied au niveau duquel la corne repousse progressivement après une ouverture de la paroi. Une ferrure de soutien est visible. D’après O’Grady SE [28].



Figure 24 : Fer en œuf avec un soutien de la fourchette, sous lequel on peut apercevoir une plaque de cuir taillée aux dimensions du fer. D’après Wildenstein M [45].

4- Stabilisation d'une perte de substance par des techniques invasives

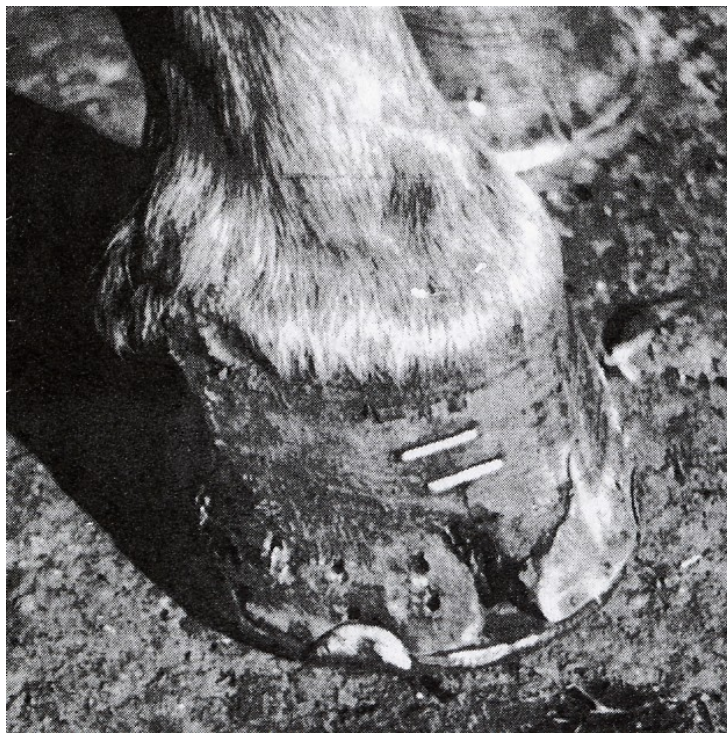
L'immobilisation des bords de la seime est une technique controversée.

En effet, ces procédés augmentent le défaut de corne déjà existant et risquent de provoquer des contusions du pododerme sous-jacent [7,20].

Au contraire, pour d'autres auteurs, cette stabilisation par des agrafes, des plaques métalliques vissées, des ligatures métalliques, des rivets ou des clous permet de limiter l'écartement des deux bords de la seime et de limiter ainsi son extension par continuité. Ces techniques sont donc employées afin de permettre la pousse d'une corne solide et cohérente. Il est cependant précisé que ces techniques sont réalisables si et seulement si l'épaisseur de la paroi le permet et qu'elles n'entraînent ni compression, ni inflammation des tissus mous sous-jacents.

a- Mise en place d'une « agrafe »

Cette technique est la technique de stabilisation des bords d'une seime la plus répandue. En effet cette technique peut se réaliser en pratique courante. L'agrafe que l'on place sur la seime peut être confectionnée à l'aide de clous de maréchalerie (Figure 25) [23].



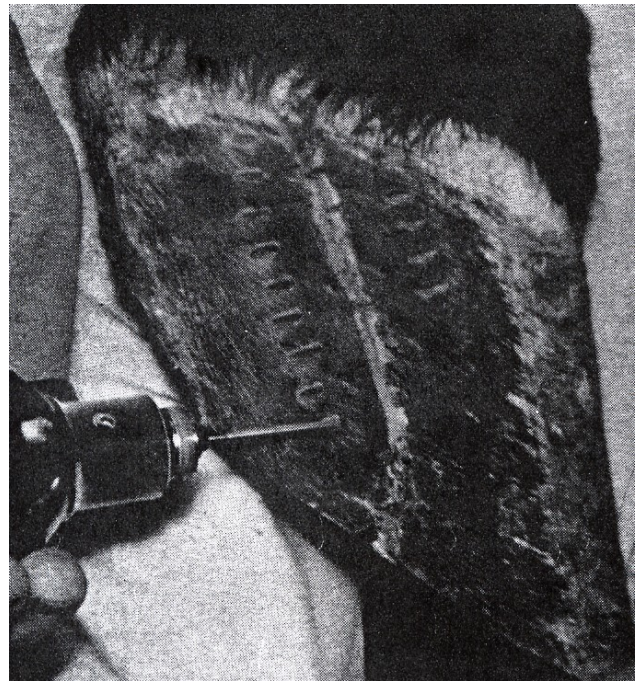
**Figure 25 : Agrafe permettant la stabilisation d'une seime.
D'après Moyer W [23]**

b- Laçage avec un ruban en nylon

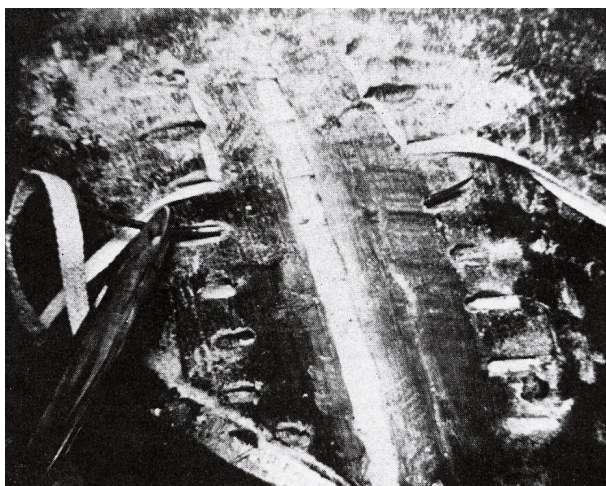
La seime est ouverte, débridée et nettoyée d'après les principes décrits précédemment. Des trous sont forés de part et d'autre de la seime. Ces trous sont forés dans le stratum externum et dans le stratum médium. Ils sont suffisamment espacés et sont distants d'environ 0.6 cm des bords de la seime. Un laçage parallèle à l'aide d'un ruban nylon est réalisé sur un membre au soutien (Figure 26) [13].



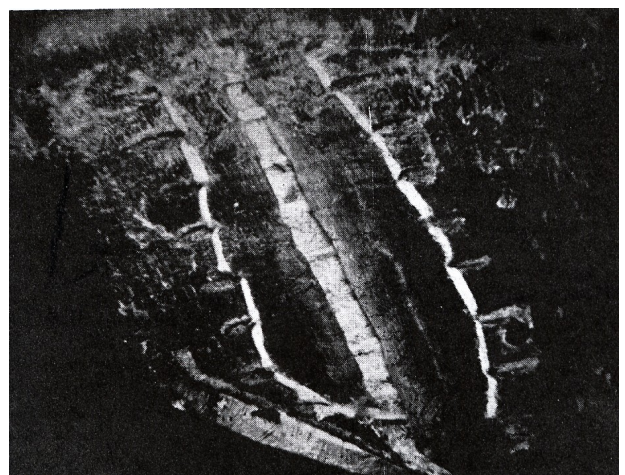
1- Débridement de la seime avec un Dremel



2- Forage des trous de part et d'autre de la seime



3- Passage du ruban en nylon

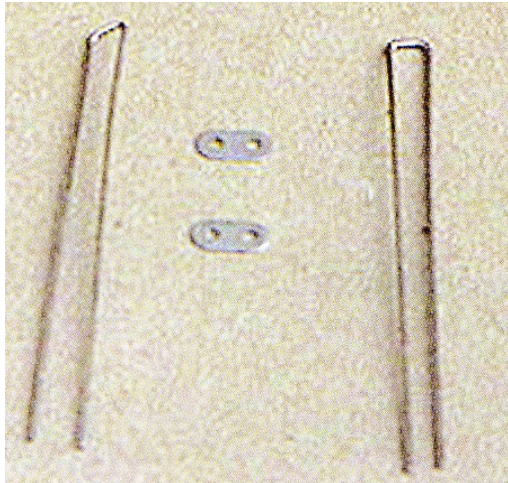


4- Laçage terminé

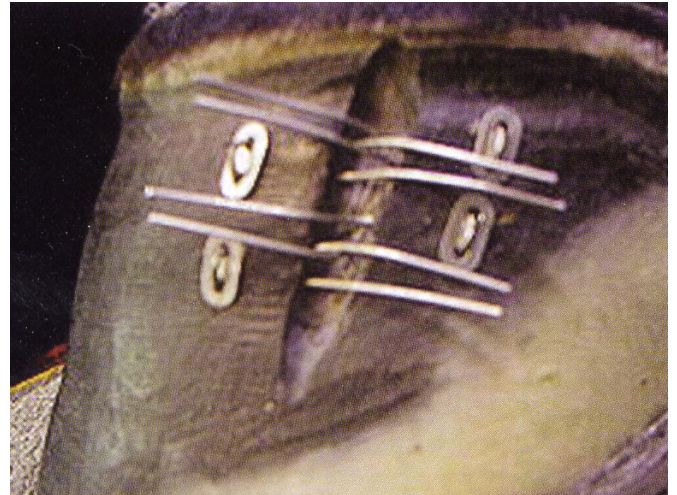
Figure 26 : Réalisation d'un laçage à l'aide d'un ruban en nylon afin de stabiliser une seime. D'après Evans LH [13].

c- Mise en place de plaques et de fils métalliques

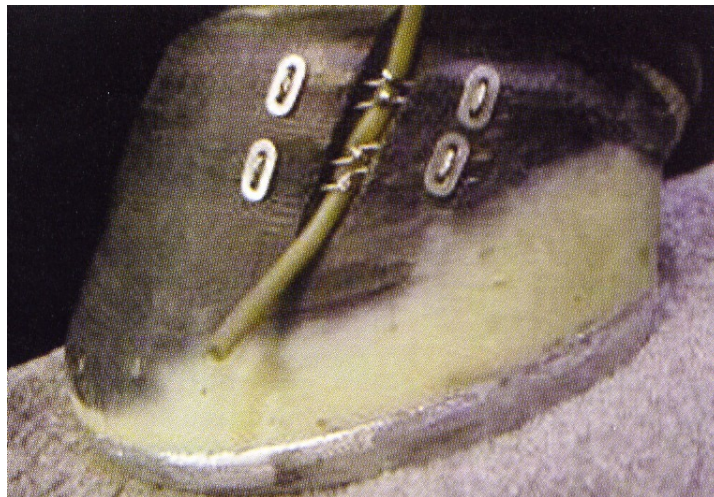
La seime est ouverte, débridée et nettoyée. Deux paires de trous (diamètre = 1.2 mm) distants de 6.4 mm, parallèles aux marges de la seime sont percés à 13 mm de ces dernières. Les plaques et les fils en épingle à cheveux longs de 64 mm sont mis en place. Les extrémités des fils sont jointes et serrées en les torsadant jusqu'à l'obtention de la tension souhaitée. Cette manœuvre pour apposer les marges de la seime doit être pratiquée sur un pied au soutien. Les extrémités des fils qui dépassent sont coupées à ras (Figure 27) [26].



1- Plaque et fil métallique utilisé



2- Illustration de la mise en place des plaques et du fil



3- Serrage du montage afin de resserrer les bords de la seime et de la stabiliser

Figure 27 : Illustration de l'utilisation de plaques et de fil métallique afin de stabiliser une seime. D'après O'Grady SE [26]

III- Intervention de la résine dans les reconstructions de paroi

Une fois que les opérations de débridement et d'assainissement citées ci-dessus sont réalisées, le pied doit être conservé propre et sec avant la pose de la résine. Il est conseillé de placer un pansement de protection le temps de préparer les étapes suivantes.

1- Principes d'application de la résine

La première recommandation, avant de se lancer dans l'application de la résine sur un pied de cheval vivant, est de s'exercer sur un pied de cadavre afin de s'être familiariser avec le produit utilisé.

La seconde recommandation est de préparer tout le matériel dont nous allons avoir besoin avant de commencer.

Une fois que tout est prêt, le pansement de pied est ôté.

Les étapes de l'application de la résine sont les suivantes :

- On place une bande sur la couronne afin de prévenir le risque de brûlure par la résine ;
- Le pied est nettoyé et séché avec le solvant adéquat pour la résine utilisé.

Il est important de préciser qu'à chaque résine correspond son solvant. On choisira donc l'alcool pour les polyuréthanes, l'acétone pour les polyméthylmétacrylates et l'éther pour les époxy.

- Le pied doit être bien sec avant l'application. Le séchage peut être amélioré par l'utilisation d'un pistolet thermique.
- Une première couche de résine est appliquée. Elle contient suffisamment de matériel pour combler la perte de substance. Une languette permet un lissage de la résine.

Lors d'une réalisation avec le PMMA, il faut recouvrir le pied de polyéthylène car un environnement sans oxygène facilite le durcissement et le polyéthylène protège la prothèse des débris extérieurs [23].

- Une fois la résine durcie, on retire le polyéthylène et on se munit d'un morceau de fibre de verre ou de kevlar taillé aux dimensions de la zone à réparer. Ce morceau est imprégné de résine et est appliqué sur la zone contenant déjà une première couche de résine.

Moyer et Sigafoos [24] pensent, d'après leurs premières observations qui regroupent environ 300 applications, que combiner de la fibre de verre avec le PMMA améliore les qualités de solidité et d'usure.

- Le pied est à nouveau emballé dans du polyéthylène sous lequel on retire les poches d'air.
- Une fois la résine durcie, on retire le polyéthylène et on ponce les parties rugueuses.

A ce stade, un fer répondant aux contraintes imposées par la lésion peut être appliqué. Il s'agit le plus souvent d'un fer à planche qui apporte au pied le maximum de stabilité et qui répartit au mieux les forces exercées par le sol.

Le fer peut être soit riveté, soit collé selon la situation. La résine supporte bien la présence de clous qui peuvent être brochés dans la paroi quand il en reste et rivetés sur la résine ou bien brochés et rivetés dans la résine.

2- Utilisation de la résine seule

La résine peut s'utiliser dans toutes les situations pour lesquelles une lésion de la boîte cornée est observée.

Seule la présence d'hémorragie ou d'infection doit contre-indiquer la pose de résine. Celle-ci est réalisable mais la technique devient difficile car la mise en place d'un système de drainage est indispensable.

a- Dans la réparation des seimes

Une fois les caractéristiques de la seime mises en évidence, il faut l'ouvrir, la débrider et l'assainir. Ces opérations sont décrites pages 40 à 45.

Duvernay [11] conseille de réaliser trois lobes afin d'assurer la prise de la résine et son maintien dans la paroi (Figure 28).



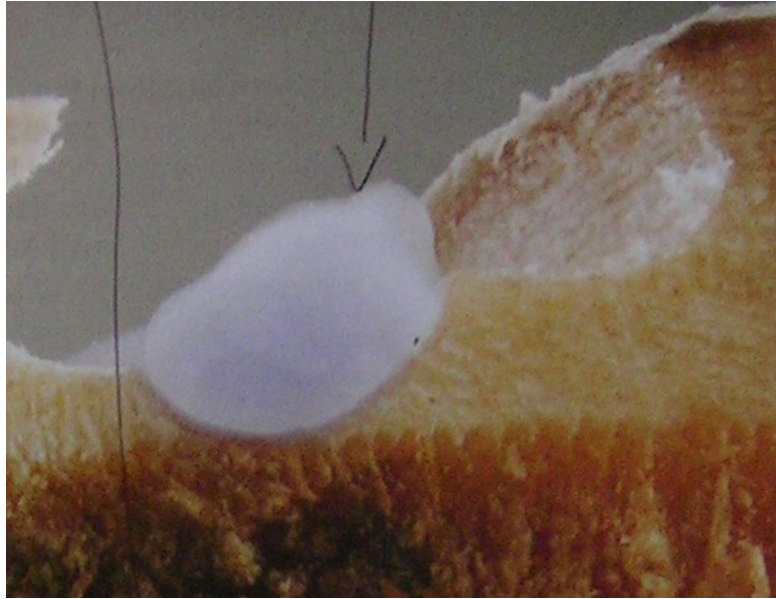
Figure 28 : Trois lobes sont creusés dans la paroi afin d'augmenter la force de rétention de la résine. D'après Duvernay B [12].

Après le parage, la paroi située autour de la seime est poncée. Cela crée des micro-rainures afin d'augmenter la surface de contact entre la corne et la résine. Le sabot est alors nettoyé à l'aide d'une brosse et dégraissé avec le solvant adéquat pour la résine utilisée.

Une bande de protection est placée sur la couronne pour protéger cette dernière des risques de brûlure.

L'application de la résine doit se faire en plusieurs fois. En effet l'application d'une fine couche engendre une réaction exothermique moindre que l'application d'une grosse quantité de résine. Cette règle doit être particulièrement respectée pour une seime profonde presque en contact avec le tissu lamellaire.

Dans le cas où le tissu lamellaire serait proche, il est possible de mettre une première couche de silicone au fond de la seime (Figure 29). Ce silicone ne produit pas de réaction exothermique et présente une consistance souple. Il protège ainsi le tissu lamellaire de la chaleur mais aussi d'une compression possible par la résine [12].



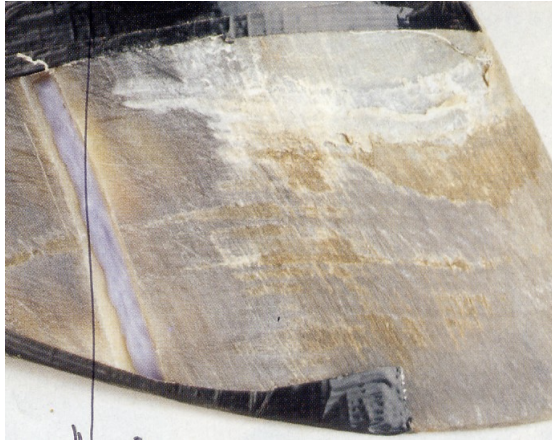
**Figure 29 : Application de silicone pour prévenir le tissu lamellaire des compressions et de la réaction exothermique lors du durcissement de la résine.
D'après Duvernay B [12].**

Plusieurs couches de résine sont appliquées ensuite successivement en attendant le durcissement de la couche précédente avant l'apposition de la suivante.

L'application d'une feuille de polyéthylène après chaque application permet un meilleur durcissement, l'absence de bulles d'air et de matériaux extérieurs.

Lorsque la seime est comblée, les couches de résine débordent sur la paroi saine de chaque côté de la seime.

Une fois le durcissement de la dernière couche effectué, la prothèse peut être râpée puis brochée comme de la corne normale.



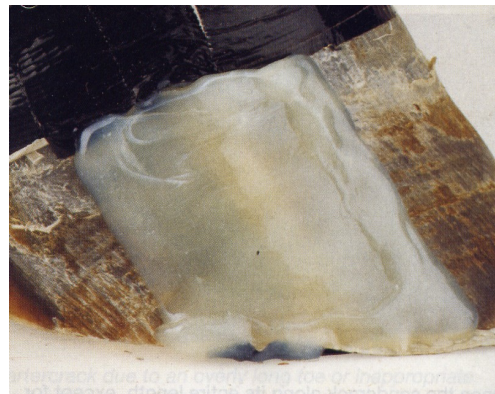
1-Une première épaisseur de résine est placée dans la perte de substance



3-Une application de résine sur la perte de substance et de part et d'autre de celle-ci finit la réparation



2-La perte de substance est comblée entièrement par de la résine



4-Aspect de la paroi après durcissement et retrait de la feuille de polyéthylène



5-Le passage de la râpe et éventuellement de papier de verre affine la prothèse

Figure 30 : Illustration de la réparation d'une seime en n'utilisant que de la résine. D'après Duvernay B [12].

b- Dans la réparation des pertes de substance saines

Ces pertes de substance sont dues soit à une maladie de la ligne blanche, soit à une fourmilère. Bien souvent, la perte de substance est notable et ne permet pas la mise en place de système de stabilisation du pied de façon invasive.

Les étapes pour ces pertes de substance importantes sont celles décrites précédemment :

- La paroi lésée est réséquée et débridée pour obtenir un support sain. Le pied est préparé afin d'obtenir un pied propre sec et sain ;
- Une première couche fine de PMMA est appliquée sur la zone réséquée et on laisse durcir sous polyéthylène ;
- Une deuxième couche est appliquée en la faisant dépasser sur la paroi saine. Le pied est à nouveau emballé dans du polyéthylène jusqu'à durcissement ;
- La résine est alors râpée et poncée ;
- A ce stade, un fer peut être apposé. Il sera soit collé si la perte de substance est très importante et qu'elle ne permet pas le brochage de clous soit riveté normalement ;

L'association entre le PMMA et un morceau de fibre de verre pour la deuxième couche améliore la solidité et la rigidité de la prothèse.



Figure 31 : Vue de $\frac{3}{4}$ d'un pied ayant subi une réparation de perte de substance due à une maladie de la ligne blanche. D'après Wildenstein M [45].

c- Dans la réparation des pertes de substance infectées ou hémorragiques

Lors de perte de substance importante, les tissus mous peuvent présenter des hémorragies. Lors de maladie de la ligne blanche, il est difficile de savoir si aucune infection ne persiste.

Face à ces situations, il est toujours conseillé de laisser le sabot à l'air et de ne pas risquer d'enfermer l'infection sous la résine.

Cependant, la stabilisation de la boîte cornée peut s'avérer indispensable. Cette stabilisation est rendue possible par l'application d'une résine dans laquelle sera ménagé un espace entre la résine et la zone hémorragique ou suppurative. On pourra alors drainer et flusher la zone à risque (Figure 32) [28].



Figure 32 : Exemple de reconstruction de pied dans laquelle est ménagée une loge afin de flusher une zone infectée. D'après O'Grady SE [28].

Pour aménager cette espace entre la résine et la zone à traiter, de l'argile ou de la pâte à modeler peuvent être utilisés.

Tout autre matériau possédant les mêmes propriétés que les deux cités précédemment peut être envisagé.

L'argile est placée sur la zone infectée. Sous cet argile est mis en place un tube ou un cathéter de la partie la plus proximale à la partie la plus distale. On applique la résine sur ce montage et on attend son durcissement. A ce stade, le tube ou cathéter est retiré, ce qui laisse un accès pour retirer l'argile à l'aide d'une curette.

Un espace entre la résine et la zone infectée est alors présent.

Entre les soins dispensés à la zone infectée, il est nécessaire de placer une bande sur la loge créée afin qu'elle ne soit pas contaminée par des débris extérieurs.

Turner TA [40] utilise une solution antibiotique qu'il mélange avec les matériaux de reconstruction. Il obtient ainsi une solution de traitement des infections et évite les risques de contamination des tissus sous-jacents lors de l'application de la résine. Il mélange 1 g de Métronidazole en poudre à 1 once d'acrylique.

d- Dans le collage des fers

Cette technique peut être utilisée dans le traitement des solutions de continuité de la boîte cornée lorsque l'état de la paroi ne permet pas la mise en place de clous.

Elle est indiquée :

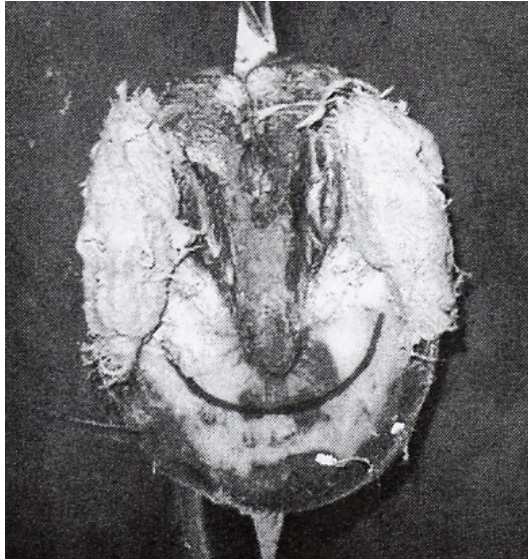
- Lors de lésions chroniques de la paroi ;
- Lors de paroi très fine ;
- Lors de corne de mauvaise consistance ;
- Lors de situations dans lesquelles il y a une congestion de pied qui empêche la pose des clous (fourbure, résection chirurgicale, avulsion de paroi, fracture de la troisième phalange) ;
- Lors de talons fuyants, ce qui permet une élévation des talons sans le recours à des cales ;
- Pour la prévention des lésions de la boîte cornée. Les chevaux de course dont la ferrure est enlevée ou modifiée à chaque épreuve ont une boîte cornée qui est fragilisée par toutes ces interventions. Le collage du fer est une technique non invasive et atraumatique.

La technique pour le collage des fers peut être décrite ainsi [5] :

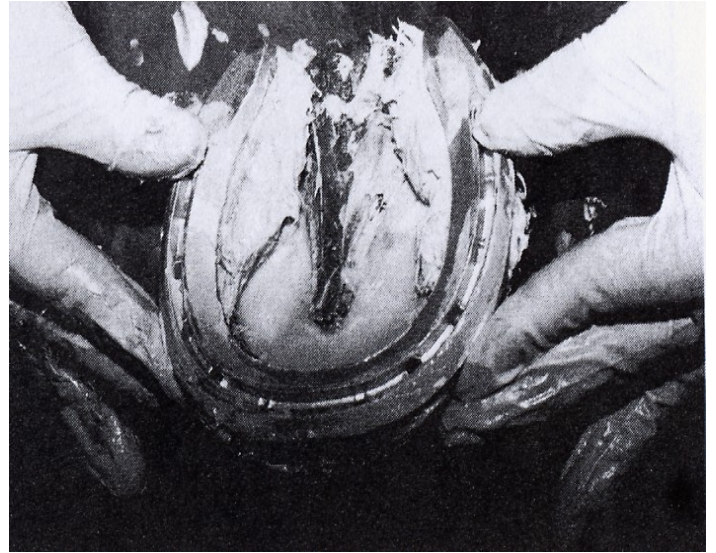
- L'utilisation d'une sédation est facultative.
- Un parage minutieux doit être réalisé afin d'équilibrer le pied le mieux possible. Les talons sont ramenés autant que possible à la partie la plus large de la fourchette. La sole est débarrassée de toute la corne superflue.
- Le fer est ajusté. Il est recommandé d'utiliser un fer sur lequel des pinçons en quartier seront forgés. L'aluminium est conseillé pour la réalisation du fer.
- Lorsque le fer est parfaitement ajusté (le fer doit être assez long et les éponges doivent venir à l'aplomb des glomes), la surface de contact est nettoyée et dégraissée avec le solvant correspondant à la résine utilisée.

- Toute séparation ou fissure entre la paroi et la sole et sur la surface couverte par l'adhésif est explorée et débridée avec une reinette ou un Dremel équipé d'une tige en tungstène. Il faut alors brosser et laver le pied avec le solvant puis sécher le pied à l'aide d'un décapeur thermique. A ce stade le pied est placé dans une chaussure ou dans un pansement afin de le protéger des débris extérieurs.
- Un morceau de fibre glace est coupé en petits bouts et mélangé avec une quantité adéquate de résine. Cela confère à l'adhésif de la fermeté et le rend plus facile à modeler tout en gardant la force et la flexibilité nécessaire à sa fonction. Une première fine couche de résine qu'il faut laisser durcir est mise en place en veillant à l'absence de bulles d'air. Puis deux gros rouleaux de résine mélangée à de la fibre de verre sont moulés et appliqués de chaque côté du pied. Ces rouleaux doivent être placés des quartiers jusqu'en arrière des talons, c'est à dire environ à l'aplomb des glomes (Figure 33).
- Si le pied présente une perte de substance, une portion de résine y est appliquée.
- Le fer est alors pressé fermement (Figure 35) et l'excès de résine se trouvant à l'intérieur sert à combler les concavités de la sole alors que celui se trouvant à l'extérieur est remonté le long de la paroi et sur le rebord créé par la garniture du fer. Le pied et le fer sont emballés dans du polyéthylène et ne seront reposés que quand la phase de durcissement sera déjà avancée (une à deux minutes après l'application du fer, c'est à dire trois à cinq minutes après le mélange résine et fibre de verre).

Une fois la résine durcie, le polyéthylène est enlevé ainsi que la résine couvrant la fourchette ou celle risquant de provoquer des compressions de la sole et de la fourchette. La résine externe est râpée comme de la corne normale.



a- Zones de placement de la résine lors du collage de fer.



b- Le fer est pressé fortement en l'ajustant de manière exacte



c- Résultat obtenu lorsque le fer est en place

**Figure 33 : Etapes conduisant au collage d'un fer.
D'après Cheramie HS et O'Grady SE [5].**

Cette technique peut permettre de modifier l'équilibre des talons en appliquant plus ou moins de résine d'un côté ou de l'autre.

La concavité de la sole doit être maintenue.

Le point de bascule peut être déplacé en apposant la pince du fer en position davantage mécanique et non en regard de la pince du pied.

En ce qui concerne le renouvellement de la ferrure, le retrait du fer se fait en réalisant une séparation au niveau des talons.

Toute la résine doit être retirée avant de referrer soit avec des clous soit avec de la résine.

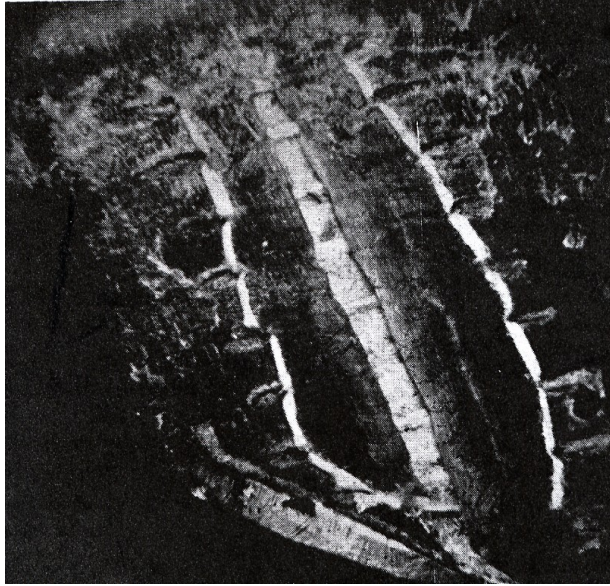
Lors de répétition de ferrure collée, il faut porter une attention particulière au risque d'encastelure.

Il existe une autre technique de fers collés qui consiste à utiliser des fers à languette ou à poignée. Ces languettes externes sont collées à la paroi à l'aide d'époxy. Cette technique est surtout utilisée sur des pieds sains de chevaux de course qui ont des ferrures renouvelées très fréquemment. Cette technique ne permet pas de modifier la conformation des talons et de reporter le poids en talon.

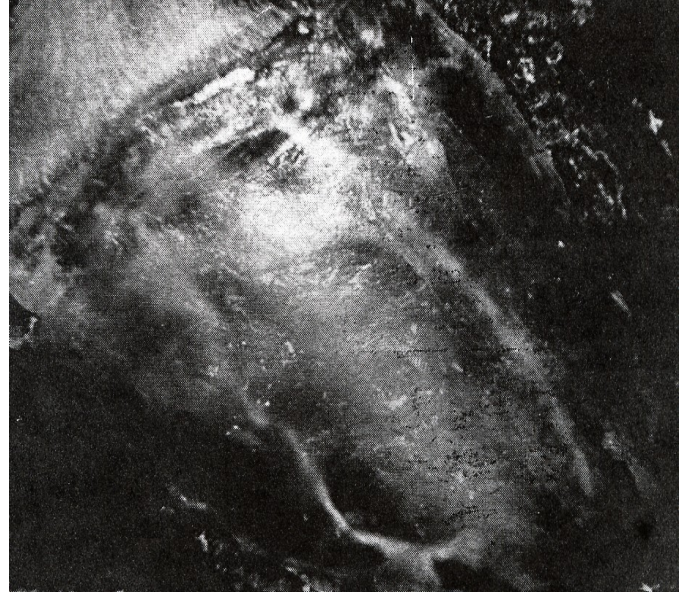
3- Utilisation de la résine associée à des techniques invasives de stabilisation

Une association entre la résine et un laçage nylon est possible [13].

Le ruban est imprégné du liquide de la préparation utilisé puis ils appliquent l'acrylique (mélange liquide et poudre) qui suit le ruban dans les trous. Une fois le durcissement de cette étape réalisé, le pied est remis en appui et une deuxième couche de résine est appliquée sur et de part et d'autre de la seime. Le pied est emballé dans du papier aluminium et ils attendent le durcissement.



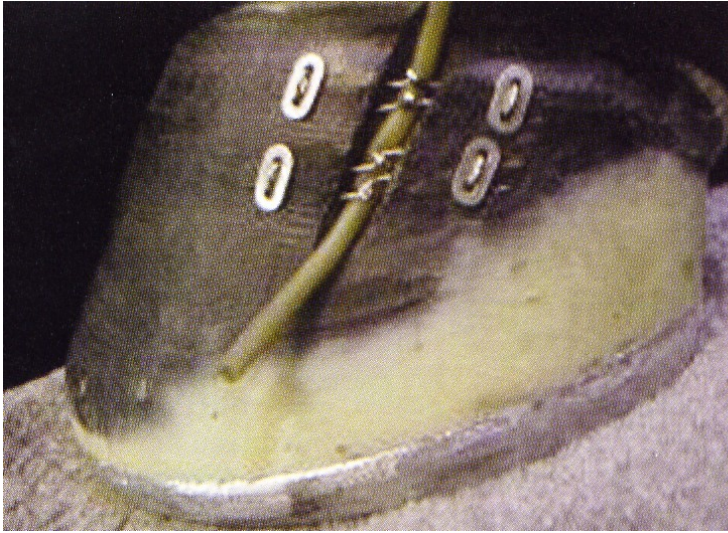
1- Laçage terminé



2- Fin de la réalisation après la pose de la résine

Figure 34 : Illustration de l'association entre une stabilisation par un ruban en nylon et de la résine. D'après Evans LH [13].

Le praticien peut utiliser aussi une association entre des plaques, des fils métalliques en épingle à cheveux et du PMMA [26].



1- Serrage du montage afin de resserrer les bords de la seime et de la stabiliser



2- Application de résine sur le montage pour apporter une résistance supplémentaire, de l'étanchéité et de la rigidité

Figure 35 : Technique couplant l'utilisation de résine et une méthode invasive de stabilisation. D'après O'Grady SE [26].

4- Discussion

Les techniques décrites de réparation de lésions de la boîte cornée sont nombreuses et peuvent encore se multiplier selon l'ingéniosité et l'inventivité des vétérinaires et des maréchaux-ferrants. Cette diversité permet d'adapter la technique à la situation, ce qui nécessite de les comparer et de juger de l'efficacité propre à chacune d'entre elles.

Toutes ces techniques doivent satisfaire à la même exigence qui est une stabilisation efficace de la boîte cornée. Cette stabilisation permettra à la boîte cornée de recouvrer son unité originelle et de supporter les contraintes qui lui sont imposées in vivo durant sa reconstruction. Ces contraintes sont encore mal évaluées, ce qui implique que les réparations les plus solides et les plus rigides seront considérées comme les plus efficaces.

Pardoe et Wilson [31] ont comparé quatre techniques de réparation en leur imposant des contraintes in vitro.

Ces techniques sont :

- réparation avec du PMMA
- réparation avec un patch de polyuréthane collé avec du cyanoacrylate
- réparation avec une plaque vissée
- réparation avec une barre de métal transverse insérée dans la paroi

L'intérêt de cette étude est de comparer des techniques non invasives à base de résine à des techniques invasives.

Une différence significative de solidité est notée lors du test entre la réparation avec le patch de polyuréthane et les autres réparations. La réparation avec le patch de polyuréthane ne semble pas supporter les contraintes qui lui sont imposées [31]. Cette technique ne fera donc pas partie de cette discussion.

La réparation à base de résine présente les mêmes propriétés mécaniques que les techniques avec la plaque vissée ou la barre de métal. De plus elle semble moins traumatique pour les tissus mous sous jacents et elle est moins longue à réaliser [31]. Le point critiquable de la résine est la solidité de cohésion entre le sabot et la résine ainsi que la capacité à résister à des contraintes répétées.

En ce qui concerne la cohésion, il est indispensable de passer du temps à préparer correctement la surface porteuse avec le solvant approprié à la résine utilisée (tableau 2) [37].

La plaque vissée ou la barre de métal sont les techniques traditionnelles de choix dans la réparation des seimes en pinces [25]. Cependant, la pince est l'endroit où la paroi est la plus déformable. Cela implique que les vis peuvent se déplacer dans la paroi sous les contraintes répétées. Ces déplacements peuvent conduire à cicatriser la lésion de paroi dans une position et une orientation anormales entraînant alors une charge irrégulière sur le sabot de façon chronique.

Si on envisage la mise en place de techniques invasives dans les régions des quartiers et des talons, un risque pour le tissu lamellaire est à prendre en compte car la paroi est de plus en plus fine de la pince vers le talon [33]. Il est donc envisageable que les vis ou la barre métallique atteignent les tissus mous plus rapidement en quartier et talon qu'en pince.

Ces constatations sont en faveur des réparations à base de matériaux adhésifs.

La réparation grâce à l'utilisation d'une barre métallique résiste à une charge ainsi qu'à une répétition des contraintes qui peuvent être importantes, mais une fêlure au niveau de ce montage conduit à une avulsion de paroi plus importante que la lésion d'origine et donc plus longue à soigner. Une combinaison de la barre métallique et d'une couche de résine la recouvrant pourrait aider à retenir la prothèse métallique [31].

En ce qui concerne la maladie de la ligne blanche et la fourmilière, l'avulsion de paroi est telle qu'aucune technique invasive sans compression des tissus mous n'est envisageable. Pour ces lésions, seule la résine permet de combler la perte de substance cornée et de stabiliser le pied en vue d'une pousse homogène de la corne et d'une reprise précoce d'activité.

CONCLUSION

La paroi constitue une structure indispensable dans la locomotion du cheval. Elle fait partie de la boîte cornée, sujette à des lésions qui se traduisent à l'extérieur par des pertes de substance, un décollement de la paroi et surtout une gêne dans la locomotion du cheval.

Ces lésions de corne ont toujours existé et se traitaient avec les moyens que les maréchaux-ferrants possédaient.

Depuis quelques années, il existe des composites qui ont amélioré le traitement de ces lésions en offrant une alternative aux traitements classiques. Ces polymères permettent le comblement de la perte de substance. Ils participent à la rigidité, la solidité et l'imperméabilité de la boîte cornée lorsqu'ils lui sont appliqués, car leurs propriétés mécaniques se rapprochent de celles de la corne naturelle.

Ces traitements sont particulièrement importants alors que nos chevaux deviennent de plus en plus athlètes. Ces résines, en se substituant à la corne, la remplacent le temps de sa repousse. Cela permet de remettre le cheval dans une activité normale voir intensive.

Cette étude a montré les possibilités qui pouvaient exister pour la réparation des lésions de la boîte cornée.

Cependant, l'utilisation de ces résines dans d'autres cas peut être envisagée. Leur facilité d'utilisation laisse le champ libre aux vétérinaires et aux maréchaux-ferrants pour faire preuve d'inventivité. Une application, maintenant assez courante, consiste en l'extension des sabots sur les foals afin de corriger des déviations angulaires ou des contractures tendineuses mais on peut en imaginer bien d'autres comme le soutien des talons ou le traitement de la fourbure.

L'évolution dans les nouveaux matériaux en maréchalerie orthopédique est lancée. En plus des résines, de nouveaux silicones sont en train de voir le jour et sont étudiés dans l'objectif d'apporter un confort supplémentaire au cheval en absorbant au mieux les forces exercées par le sol.

Les vétérinaires et les maréchaux-ferrants travaillent de plus en plus étroitement et il est agréable de s'apercevoir que cette entente et l'union de leurs connaissances respectives font avancer le confort et les soins que l'on peut apporter à nos chevaux.

BIBLIOGRAPHIE

- 1/ STASHAK TS. *Adams' Lameness in Horses*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002, 1174p.
- 2/ BLACKFORD JT, LATIMER FG. Adjustable tension band stabilisation of hoof cracks in horses. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.*, 1991, **37**, 497-512.
- 3/ BOULEY H. *Traité de l'organisation du pied du cheval*. Paris : Labé, 1851, 168p.
- 4/ BUTLER J. The repair of hoof defects using fiberglass and screws. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.*, 1976, **22**, 235-237.
- 5/ CHERAMIE HS, O'GRADY SE. Hoof repair and glue-on adhesive technology. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 2003, **19**(2), 519-530.
- 6/ COLAHAN J, MAYHEW IG, MERRIT AM *et al.* *Equine medicine and surgery*. 5th ed. St. Louis: Mosby, 1999,
- 7/ D'AUTHEVILLE P, FROMOND P. *Précis de maréchalerie*. 2^e ed. Paris : Maloine, 1982, 342p.
- 8/ DEJARDIN LM, ARNOCZKY SP, CLOUD GL. A method for determination of equine hoof strain patterns using photoelasticity: an in vitro study. *Equine Vet. J.*, 1999, **31**(3), 232-237.
- 9/ DENOIX JM. *The equine distal limb: An atlas of clinical Anatomy and Comparative Imaging*. London: Manson publishing, 2000, 390p.
- 10/ DENOIX JM, HOULIEZ D. Le pied du cheval: anatomie et biomécanique. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort., 1995, 94p.
- 11/ DOUGLAS JE, MITTAL C, THOMASON JJ, JOFRIET JC. The modulus of elasticity of equine hoof wall: implications for the mechanical function of the hoof. *The Journal of Experimental Biology*, 1996, **199**, 1829-1836.
- 12/ DUVERNAY B. Sandcracks. In: Proceedings of the fifth Maastricht International Congress on equine medicine., Maastricht, 10-11 December 2004, Maastricht: M.I.C.E.M., 2004, 96-99.
- 13/ EVANS LH, JENNY J, RAKER CW. The repair of hoof cracks with acrylic. *J. Am. Vet. Med. assoc.*, 1966, **148**(4), 355-359.
- 14/ FESSLER JF. Hoof Injuries. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 1989, **5**(3), 643-664.
- 15/ HUTCHINS DR. Acrylics in hoof repair in the horse. *Aust. Vet. J.*, 1969, **45**(4), 159-161.
- 16/ JENNY J, EVANS LH, RAKER CW. Hoof repair with plastics. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1965, **147**(12), 1340-1345.

- 17/ KASAPI MA, GOSLINE JM. Exploring the possible functions of equine hoof wall tubules. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1998, **26**, 10-14.
- 18/ KELLER M, KREHON S, STANEK C, ROSENGARTEN R. Keratinopathogenic mould fungi and dermatophytes in healthy and diseased hooves of horses. *Vet. Record*, 2000, **25**, 619-622.
- 19/ KEMPSON SA, CAMPBELL EH. A permeability barrier in the dorsal wall of the equine hoof capsule. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1998, **26**, 15-21.
- 20/ KORBER HD. Le pied du cheval : sabots, ferrures et maladies. Paris :Vigot, 1999, 178p.
- 21/ KUWANO A, YOSHIHARA T, TAKATORI K, KOSUGE J. Onychomycosis in white line disease in horses: pathology, mycology and clinical features. *Equine Vet. J. Suppl*, 1998, **26**, 27-35.
- 22/ LUNGWITZ A, ADAMS JW. Disturbances of continuity of the hoof. In: *A text book of horseshoeing*. Philadelphia: JB Lipincott, 1913, 164-169.
- 23/ MOYER W. Hoof wall defects: chronic hoof wall separations and hoof wall cracks. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 2003, **19**(2), 463-477.
- 24/ MOYER W, SIGAFOOS RD. Preliminary experience and uses of composite hoof wall repair. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1991, 153-156.
- 25/ MOYER W, SIGAFOOS RD. *A guide to equine hoof wall repair*. Trenton (NJ): Veterinary learning systems, 1993
- 26/ O'GRADY SE. Quarter crack repair: an overview. *Equine Vet. Educ.*, 2001, **13**(4), 216-219.
- 27/ O'GRADY SE. White line disease. *Journal of Equine Vet. Science.*, 1997, **17**(5), 236-237.
- 28/ O'GRADY SE. White line disease-an update. *Equine Vet. Educ.*, 2002, **14**(1), 51-55.
- 29/ O'GRADY SE, WATSON E. How to glue on therapeutic shoes. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1999, **45**, 115-119.
- 30/ OKE RA. Unilateral white line disease and laminitis in a quarter horse mare. *Canadian Vet. J.*, 2003, **44**(2), 145-146.
- 31/ PARDOE CH, WILSON AM. In vitro mechanical properties of different equine hoof wall crack fixation techniques. *Equine Vet. J.*, 1999, **31**(6), 506-509.
- 32/ POLITT CC. *Colour Atlas of the Horse's Foot*. London: Mosby-Wolfe, 1995, 208p.
- 33/ POLITT CC. Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot. *Equine Vet. Educ.*, 1992, **4**, 215-224.

- 34/ POLITT CC, DARADKA M. Hoof Wall Wound Repair. *Equine Vet. J.*, 2004, **36**(3), 210-215.
- 35/ REDDEN RF. Hoof capsule distortion: understanding mechanisms as a basis for rational management. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 2003, **19**(2), 443-462.
- 36/ REILLY JD, COLLINS SN, COPE BC, HOPEGOOD L, LATHAM RJ. Tubule density of the stratum medium of horse foot. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1998, **26**, 4-9.
- 37/ SIGAFOOS R. Composite reconstruction of equine underrun heels. *Proc. Am. Assoc. Equine Practnrs.*, 1991, **37**, 673-680.
- 38/ SIGAFOOS R. Polymeric composite repair for acute and chronic refractory hoof injuries in horses. *Proc. Am. Assoc. equine Practnrs.*, 1995, **41**, 253-257.
- 39/ SLATER MR, HOOD DM. A cross sectional epidemiological study of equine hoof wall problems and associated factors. *Equine Vet. J.*, 1997, **29**, 67-69.
- 40/ TURNER TA. White line disease. *Equine Vet. Educ.*, 1998, **2**, 73-76.
- 41/ TURNER TA *et al.* Use of antibiotic-impregnated hoof repair material for the treatment of hoof wall separation: A promising new treatment. *Proc. Am. Assoc. Equine. Pract.*, 1996, **42**, 205.
- 42/ US Environmental Protection Agency (US EPA). Information on Integrated Risk Information system (IRIS). Methyl methacrylate (CASRN 80-62-6). [<http://www.epa.gov/iris/subst/1000.htm>], consulté le 10 février 2003.
- 43/ Vettec hoof care products. [www.vettec.com], consulté le 17 Décembre 2004.
- 44/ WHITE B. New way to glue on shoes. *Am. Farriers J.*, 1999, **25**, 81-84.
- 45/ WILDENSTEIN M. Examen détaillé des infections fongiques du pied équin. *Infor Maréchalerie*, 2004, **109**, 8-34.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES LESIONS DE LA PAROI CHEZ LE CHEVAL ET DE LEUR TRAITEMENT A L'AIDE DE RESINES.

Nom et Prénom : MARETTE Julien

Résumé :

Le sabot constitue l'interface entre le sol et l'animal et assure une fonction de soutien et d'amortissement au cours de la locomotion ou même lors des périodes de repos.

Les pathologies de la boîte cornée se révèlent être source de boiterie tant pour le cheval de loisir que pour le cheval athlète. En effet, un défaut de son intégrité engendre un inconfort plus ou moins important selon les compressions, l'inflammation ou encore l'infection présentes sur les tissus mous sous jacents.

Les solutions de continuité de la paroi (seime, maladie de la ligne blanche, fourmière) font partie de ces pathologies et sont identifiées depuis longtemps comme des causes de contre performance du cheval athlète ou d'inexploitation du cheval de loisir.

Leurs traitements n'ont cessé d'évoluer faisant appel à des principes simples de parage du pied, à l'application de ferrures orthopédiques puis à l'utilisation de systèmes de stabilisation et enfin ces dernières années à l'utilisation de matériaux adhésifs de reconstruction.

L'intérêt de ces matériaux réside dans le fait qu'ils redonnent au pied son intégrité et ses caractéristiques mécaniques naturelles. Ils rétablissent ainsi les fonctions de soutien et d'amortissement permettant au cheval de retrouver une locomotion normale et de retourner rapidement à une activité plus ou moins intense selon son utilisation.

Mots-Clés : maréchalerie, paroi, sabot, lésion, reconstruction, résine, équidé, cheval_

JURY :

Président : Pr

Directeur : Pr. DENOIX

Assesseur : Dr. MAILHAC

Adresse de l'auteur :

M. MARETTE Julien

Le pressoir de la Varinière

14 170 NOTRE DAME DE FRESNAY

BIBLIOGRAPHIC STUDY OF HOOF WALL LESIONS IN HORSES, THEIR TREATMENT AND THE RESINS AVAILABLE.

Surname, Given name: MARETTE Julien

Summary:

The hoof establishes the contact between the horse and the ground; it plays an important part in the stance phase and absorbs the shocks during locomotion.

Hoof pathologies are often responsible for lameness whatever the horse's utility, leisure or competition. Alteration of its integrity generates a more or less important discomfort according to the compression, inflammation and soft tissues infection.

Hoof wall avulsions are well known pathologies responsible for bad results in competition or for inability to ride leisure horses

The treatments are in constant evolution, they consist in hoof trimming, wound surgery, orthopedic shoeing, systems of stabilisation and recently use of reconstructive adhesive material.

The whole point of these materials are that they will restore the hoof's integrity and its natural biomechanical properties. The hoof ability for support and for shock absorption recovered, the horses will be able to return to a normal activity.

Key words: farriery, hoof wall, wall avulsion, reconstruction, adhesive material, equus, horse

JURY:

President: Pr.

Director: Pr. DENOIX

Assessor: Dr. MAILHAC

Author's address :

M. MARETTE Julien

Le Pressoir de la Varinière

14 170 NOTRE DAME DE FRESNAY

FRANCE