



**HAL**  
open science

# Évaluation du fixateur externe péri-articulaire type TL-HEX Trauma dans les fractures du pilon tibial : série rétrospective de 47 cas

Yohan Legallois

► **To cite this version:**

Yohan Legallois. Évaluation du fixateur externe péri-articulaire type TL-HEX Trauma dans les fractures du pilon tibial : série rétrospective de 47 cas. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-02945430

**HAL Id: dumas-02945430**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02945430>**

Submitted on 22 Sep 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 11 juin 2020

Par Yohan LEGALLOIS

Né le 15 avril 1991 à Caen (14)

Évaluation du fixateur externe péri-articulaire type  
TL-HEX Trauma™ dans les fractures du pilon tibial :  
série rétrospective de 47 cas.

**Directeur de thèse :**

Monsieur le Docteur Clément RIBES

**Membres du jury :**

Monsieur le Professeur Jean-Marc VITAL	Président
Monsieur le Professeur Thierry FABRE	Juge
Monsieur le Professeur Dominique CHAUVEAUX	Juge
Monsieur le Professeur Yan LEFEVRE	Juge
Monsieur le Docteur Adrien CADENNES	Juge
Monsieur le Docteur Clément RIBES	Juge

**Rapporteur de thèse :**

Monsieur le Professeur Yan LEFEVRE



# REMERCIEMENTS

---

**Monsieur le Professeur Jean-Marc VITAL**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Chef de service de Chirurgie Orthopédique

CHU de Bordeaux

C'est un réel honneur que vous m'avez fait en acceptant de présider mon jury de thèse. Merci d'avoir partagé votre savoir et votre expérience pendant ces 6 mois passés à vos côtés. Vos compétences théoriques et pratiques sont pour moi un exemple. Veuillez trouver dans ce travail, le témoignage de mon profond respect.

**Monsieur le Professeur Thierry FABRE**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Chef de l'unité de Chirurgie Orthopédique Périphérique

CHU de Bordeaux

Je suis honoré de vous compter dans les membres de mon jury. Vos connaissances chirurgicales forcent le respect, de même que votre dévouement et vos qualités humaines. Je vous remercie d'avoir accepté la poursuite de ma formation dans votre service pour les deux prochaines années. L'orthopédie Bordelaise a beaucoup de chance d'être dirigée par une personne aussi investie que vous.

**Monsieur le Professeur Yan LEFEVRE**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Orthopédie Pédiatrique

CHU de Bordeaux

Merci d'avoir accepté de rapporter ce travail. L'enseignement que vous m'avez apporté en traumatologie pédiatrique est une réelle chance, ce fut un plaisir de pouvoir apprendre à vos côtés.

**Monsieur le Professeur Dominique CHAUVEAUX**

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Chirurgie Orthopédique Périphérique

CHU de Bordeaux

Je suis flatté de vous compter parmi les membres de mon jury. Bien que je n'aie pas eu la chance de travailler longtemps à vos côtés, votre expertise en chirurgie du membre inférieur m'ont naturellement conduit à faire appel à vous pour juger mon travail. Veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma gratitude.

**Monsieur le Docteur Adrien CADENNES**

Chirurgien Orthopédique

Centre Hospitalier Saint-Paul

Tu me fais l'honneur de juger mon travail et je t'en remercie sincèrement. Tu es un modèle de compagnonnage pour moi, notamment pour tes nombreux conseils. Je regrette de ne pas avoir eu la chance de t'avoir comme chef. J'espère te revoir prochainement.

**Monsieur le Docteur Clément RIBES**

Chirurgien Orthopédique

Maison de Santé Protestante Bordeaux - Bagatelle

Tu me fais l'honneur de diriger mon travail de thèse. Merci d'avoir toujours été disponible pour moi et de m'avoir supporté de si nombreuses fois au bloc. Ton apprentissage et tes conseils sont si précieux. Tu resteras un élément essentiel de ma formation.

A mes chefs d'orthopédie du CH de Bayonne

Monsieur le Docteur François LAVALLE, ma première étape à Bayonne, merci pour tes conseils, c'est toujours un grand plaisir de te revoir.

Messieurs les Docteurs Pierre BRUNETEAU, Philippe LE GAC, Abdoulaye DIAKITE, Joël REZZOUK.

A mes chefs d'orthopédie du CH de Pau

Monsieur le Docteur Igor BENEZIS, pour votre talent chirurgical.

Monsieur le Docteur Henri DURAFFOUR, pour votre rigueur exemplaire.

Messieurs les Docteurs Eric HAMMEL, Gilles MOURET.

Monsieur le Docteur Thibaut MASQUEFA, merci pour ton enseignement, ta rigueur et ta bonne humeur en toutes circonstances, tu es un exemple pour moi.

A mes chefs d'orthopédie du CH de Libourne

Monsieur le Docteur Éric LASSEUR, pour votre confiance à toute épreuve.

Monsieur le Docteur Stéphane COSTES, pour votre apprentissage pratique et vos conseils de qualité dans tous les domaines.

Monsieur le Docteur Bertrand DUNET.

Monsieur le Docteur Prakash DINDOYAL, pour nous avoir supporté et la bière au citron.

Madame le Docteur Alison DELESQUE, pour ta confiance et gentillesse.

A mes chefs de chirurgie infantile du CHU de Bordeaux,

Messieurs les Professeurs Yan LEFEVRE, Eric DOBREMEZ.

Mesdames les Docteurs Maya LOOT, Clémence PFIRRMAN.

Monsieur le Docteur Abdelfetah LALIOUI, pour ta sympathie.

Messieurs les Docteurs Frederic LAVRAND, Luke HARPER.

A mes chefs de l'Institut Bergonié,

Monsieur le Docteur Eberhard STOECKLE, votre maîtrise de la chirurgie force le respect ainsi que votre attitude de tous les jours.

Madame le Docteur Audrey MICHOT, travailler avec toi fut un vrai plaisir.

A mes chefs du CHRU de Lille,

Messieurs les Professeurs Henri MIGAUD, Gilles PASQUIER, Julien GIRARD.

Madame le Docteur Sophie PUTMAN.

Monsieur le Docteur Pierre MARTINOT, pour ta sympathie et ces nombreuses consultations.

Monsieur le Docteur Jeremy SARRAZIN, pour ton côté « jusqu'au-boutiste ».

Messieurs les Docteurs Julien DARTUS, Romain GALMICHE, Julien PIERTZAK, Etienne CARON.

A mes chefs du CHU de Bordeaux,

Messieurs les Professeurs Thierry FABRE, Jean-Marc VITAL, Olivier GILLE, Vincent POINTILLART.

Mesdames les Docteurs Marie-Laure ABI-CHAHLA, Alexandra ERBLAND.

Monsieur le Docteur Vincent SOUILLAC, pour l'ensemble de tes conseils.

Messieurs les Docteurs Olivier LAFFENÊTRE, Julien LUCAS.

Monsieur le Docteur Rafael DE BARTOLO, pour tes compétences chirurgicales et notre style de trading dans le négatif, tu es également un exemple pour moi.

Mesdames les Docteurs Morgane VARGAS, Déborah ROYAUX

Messieurs les Docteurs Clément RIBES, Thomas THELEN et Paul CREMER, merci de m'avoir tant appris, vous resterez des références pour moi.

Messieurs les Docteurs Nicolas VERDIER, Mathias BLANGIS

Messieurs les Docteurs Louis BOISSIERE, Thibaut CLOCHE, Vincent CHALLIER

A mes co-internes bordelais,

Lecoanet (vipère sans faille), Garcia (sous-marin en chef), Campana (fondateur des loups de Pellegrin), Mazas, P-Max, Dani, Moshi, Pépite, Dias, Lebecque (pour ta consommation de glace), Thevenot, Savidan, Lavignac, Meynard, Prieur, Cécile, Segueineau, Commeil, Pinpin (un homme à principes), Cesar (Pr Ongle Incarné) et tous les autres soldats...

A mes co-internes lillois,

Cascales (pour notre style de vie), Priol, Lucie (pour ta force), Marine, Consti, Simon et mon Baujard (le plus beau).

A mes proches,

A ma mère, merci pour tout Coco, tu es une mère parfaite, ton amour pour tes enfants est sans limite mais ne t'inquiètes pas, la réciprocité est vraie.

A mon père, malgré quelques défauts, tu es un exemple pour moi. J'espère pouvoir partager de nombreux moments avec vous, je suis fier d'être votre fils.

A ma sœur, merci de ton soutien depuis toutes ses années, je suis content d'être proche de toi, j'espère que cela continuera !

A mon grand-père, pour sa gentillesse.

A mes tantes et oncles, mes cousines et cousins, pour ses bons moments passés avec vous ! J'espère vous revoir prochainement.

A ceux partis trop tôt et qui nous manquent.

A Nathalie et Denis, de m'avoir si gentiment accueilli dans votre famille et de défendre si bien votre fille.

A Thomas, mon fidèle compagnon depuis le lycée, pour tout ce temps passé ensemble.

A Wajih, mon frère depuis la P1, je suis fier de notre parcours commun.

A tous les autres qui m'ont entouré : Pierre-Antoine, Simon, Angélique et Vanessa, Valentin, Quentin et Julie, Destin, Arthur, Wallois, Ihsan et Aymane, Clément, Bérénice et Joshua.

Et bien sûr, à Alice, la plus importante, merci de ton soutien si précieux depuis tant d'années, partager ma vie avec toi est mon plaisir. J'espère que notre avenir ensemble sera radieux.

Ce travail est organisé sous forme d'un rappel général préalable puis d'un article scientifique, soumis à publication.

# TABLE DES MATIERES

---

REMERCIEMENTS .....	3
TABLE DES MATIERES.....	11
ABRÉVIATIONS .....	12
LISTE DES FIGURES .....	13
LISTE DES TABLEAUX .....	15
<b>1. PREMIERE PARTIE : RAPPEL DE CONNAISSANCES.....</b>	<b>16</b>
1.1 Généralités.....	16
1.2 Rappel anatomique.....	17
1.3 Mécanismes lésionnels .....	23
1.4 Classifications lésionnelles.....	24
1.5 Bilan clinique.....	26
1.6 Bilan d'imagerie .....	27
1.7 Thérapeutique .....	28
1.7.1 Traitements orthopédiques.....	28
1.7.2 Traitements chirurgicaux.....	29
1.8 Soins post opératoires .....	39
1.9 Complications .....	40
1.9.1 Complications immédiates .....	40
1.9.2 Complications liées à la technique chirurgicale.....	41
1.9.3 Complications à distance.....	42
<b>2. DEUXIEME PARTIE : NOTRE ÉTUDE.....</b>	<b>44</b>
2.1 Introduction .....	44
2.2 Matériel & Méthodes .....	44
2.2.1 Patients.....	44
2.2.2 Technique chirurgicale .....	47
2.2.3 Soins post-opératoires.....	52
2.2.4 Méthodes d'évaluation .....	52
2.2.5 Traitement des données et analyse statistique.....	53
2.3 Résultats .....	53
2.4 Discussion .....	57
2.5 Conclusion.....	61
CONFLITS D'INTERETS .....	62
REFERENCES.....	63
ANNEXES.....	69
SERMENT D'HIPPOCRATE.....	72

# ABRÉVIATIONS

---

SOFOT : Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

AO : Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

TDM : Tomodensitométrie

FEPA : Fixateur Externe Péri-Articulaire

TL-HEX : True Lock - Hexapodal

AVP : Accident de la Voie Publique

EVA : Échelle Visuelle Analogique

AOFAS : American Orthopaedic Foot & Ankle Society

SF 12 : Short Form (12-items) Health Survey

FO : Fracture ouverte

FF : Fracture fermée

OR : Odds-Ratio

DCM : Délai de Consolidation Moyen

# LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Schéma du carré épiphysaire délimitant les fractures du pilon tibial.

Figure 2 : Photographies des différentes faces de l'extrémité distale du tibia.

Figure 3 : Schéma montrant les ligaments tibio-fibulaires inférieurs.

Figure 4 : Schéma des insertions musculaires du tibia.

Figure 5 : Schéma des rapports vasculo-nerveux antérieurs du pilon tibial.

Figure 6 : Schéma des rapports vasculo-nerveux postérieurs du pilon tibial.

Figure 7 : Schéma des zones de vascularisation cutanée autour du pilon tibial.

Figure 8 : Coupe axiale d'un scanner montrant les 3 fragments élémentaires.

Figure 9 : Classification de l'AO.

Figure 10 : Classification de Rüedi and Allgöwer.

Figure 11 : Schéma de l'installation d'une traction trans-calcanéenne.

Figure 12 : Schéma des différentes voies d'abord du pilon tibial.

Figure 13 : Schéma du premier temps de l'ostéosynthèse à foyer ouvert.

Figure 14 : Schéma d'une ostéosynthèse par plaque via une voie antéro-latérale.

Figure 15 : Radiographie de face d'une ostéosynthèse par plaque via une voie antéro-latérale.

Figure 16 : Schéma d'un fixateur externe temporaire avant ostéosynthèse à foyer ouvert.

Figure 17 : Radiographie de face d'une ostéosynthèse par fixateur externe tibio-calcanéen.

Figure 18 : Schéma d'un fixateur externe circulaire selon les concepts d'Illizarov.

Figure 19 : Schéma d'un fixateur externe hybride.

Figure 20 : Photo d'un montage hybride avec un anneau distal unique.

Figure 21 : Fracture articulaire comminutive du pilon tibial, vue en radiographie de face (a), en coupe TDM coronale (b) et sagittale (c).

Figure 22 : Scanner montrant la bonne réduction articulaire après la mise en place du FEPA.

Figure 23 : Radiographies de la cheville à distance du traumatisme montrant la bonne consolidation et une surface articulaire restaurée.

Figure 24 : Schéma d'une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire avec synthèse de l'épiphyse en percutanée.

Figure 25 : Radiographie de face montrant une ostéosynthèse par clou centromédullaire utilisant une vis de guidage pour éviter un mauvais alignement

Figure 26 : Mauvaise réduction articulaire en coupe coronale de TDM (a) et évolution défavorable constatée à 1 an sur des radiographies de la cheville (b et c).

Figure 27 : Flow chart de l'étude.

Figure 28 : Schéma de l'installation pour la mise en place du FEPA.

Figure 29 : Radiographie post opératoire d'un vissage antéro-postérieur associé au FEPA (a) et bonne réduction intra-articulaire sur des radiographies à 12 mois (b).

Figure 30 : Schéma de la position des 3 broches distales respectant les couloirs de sécurité.

Figure 31 : Schéma de la position des 3 fiches proximales respectant les couloirs de sécurité.

Figure 32 : Schéma de la mise en tension des broches distales à 130N.

Figure 33 : Photo du montage type sur os sec avec 3 broches distales et 3 fiches proximales.

# LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Classification de Gustillo-Anderson.

Tableau 2 : Classification de Tscherne.

Tableau 3 : Données épidémiologiques de notre série.

Tableau 4 : Récapitulatif des mobilités articulaires.

Tableau 5 : Complications retrouvées dans notre série.

Tableau 6 : Prise en charge des pseudarthroses.

Tableau 7 : Comparaison en sous-groupe sur le critère de la consolidation.

Tableau 8 : Analyse de l'influence du tabac sur la consolidation.

Tableau 9 : Analyse de l'influence de l'ouverture cutanée sur la consolidation.

Tableau 10 : Comparaison avec la littérature sur la consolidation et les principales complications.

# 1. PREMIERE PARTIE : RAPPEL DE CONNAISSANCES

---

## 1.1 Généralités

Le terme de « pilon » tibial a été décrit par un radiologue, le Pr DESTOT en 1911, l'autre terme utilisé pour ces fractures est le « plafond » tibial. Elles se définissent comme toutes les fractures atteignant l'aire épiphysio-métaphysaire distale du tibia dans le « carré épiphysaire de Heim » [1] (Figure 1).

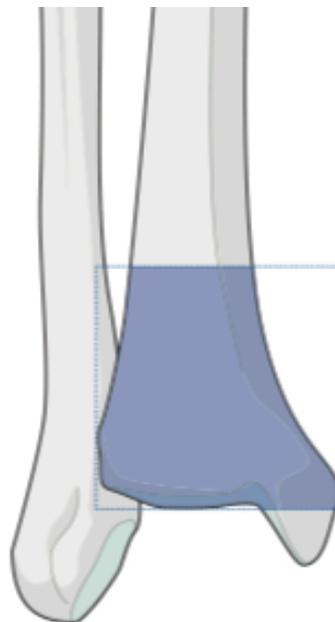


Figure 1 : Schéma du carré épiphysaire délimitant les fractures du pilon tibial [1].

Ces fractures sont rares, représentant 1% de l'ensemble des fractures et 3 à 10% des fractures du tibia [2,3]. La population type est principalement représentée par des hommes jeunes de 30 à 50 ans [4].

Ces fractures sont de prise en charge difficile en raison de la fréquente atteinte articulaire et de la mauvaise qualité des tissus mous dans cette région anatomique [5]. De plus, elles sont souvent associées à de mauvais résultats fonctionnels [6].

Historiquement, de nombreux chirurgiens redoutaient les complications liées à la chirurgie et s'orientaient vers des traitements orthopédiques, essentiellement la traction-mobilisation.

C'est un chirurgien suisse, Rüedi, qui a rapporté les premiers bons résultats dès 1968 après ostéosynthèse à foyer ouvert au moyen d'une plaque [7,8].

Malheureusement, avec cette technique, de nombreux auteurs ont rapporté un taux de complications plus important [9], aboutissant à changer d'attitude thérapeutique. L'utilisation du fixateur externe de type tibio-calcanéen a donc eu un intérêt croissant, avec une diminution des complications cutanées [10].

La dernière conférence de consensus de la SOFCOT de 2014 dirigée par Dujardin [11] a pondéré ces deux attitudes thérapeutiques, avec notamment l'utilisation d'un fixateur externe temporaire relayée par une ostéosynthèse par plaque, dans le but d'éviter les complications cutanées tout en permettant une ostéosynthèse de bonne qualité [11].

Plus récemment, l'utilisation du fixateur externe péri-articulaire a apporté de bons résultats [12]. Deux équipes italiennes ont confirmé ces résultats en utilisant des fixateurs externes dit hybrides [13,14]. L'association à des techniques mini-invasives complémentaires par vissage ou embrochage pourrait également améliorer le taux de consolidation [11].

A l'heure actuelle, aucun traitement n'est considéré comme la référence [15].

## **1.2 Rappel anatomique**

Le pilon tibial est représenté par l'extrémité inférieure du tibia, correspondant à la zone métaphyso-épiphyse distale, elle est articulaire uniquement sur son versant inférieur. La limite supérieure est la zone de jonction métaphyse-diaphyse et la limite inférieure est l'articulation tibio-talienne.

Cinq faces sont classiquement décrites [3] (Figure 2) :

- Antérieure : surface convexe se terminant par la marge antérieure (A).
- Postérieure : surface convexe se terminant par la marge postérieure (B).
- Interne : surface convexe dans le prolongement de la face interne de la diaphyse, se terminant par la malléole interne (C).
- Externe : surface concave en forme de gouttière représentée par la surface articulaire de l'articulation tibio-fibulaire distale, sur la partie antérieure se trouve le tubercule antérieur et sur la partie postérieure le tubercule postérieur (D).
- Inférieure : surface concave d'avant en arrière représentée par la partie supérieure de l'articulation tibio-talienne.



Figure 2 : Photographies des différentes faces de l'extrémité distale du tibia [16].

Les insertions ligamentaires sur le pilon tibial sont peu nombreuses avec le ligament tibio-fibulaire inférieur antérieure et le ligament tibio-fibulaire inférieur postérieure, permettant de stabiliser l'articulation tibio-fibulaire distale (Figure 3).

A noter que le ligament latéral interne, s'insérant sur la malléole interne, ne fait pas partie à proprement parler du pilon tibial.

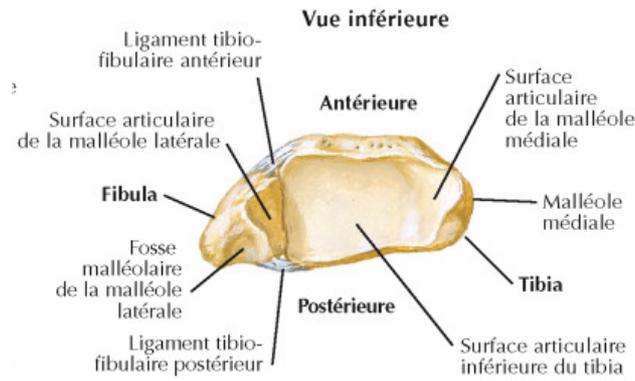


Figure 3 : Schéma des ligaments tibio-fibulaires inférieurs [17].

Il n'existe aucune insertion musculaire sur le pilon tibial, l'essentiel des muscles à destination de la cheville et du pied s'insère sur la partie proximal et moyenne du tibia et de la fibula [17] (Figure 4).

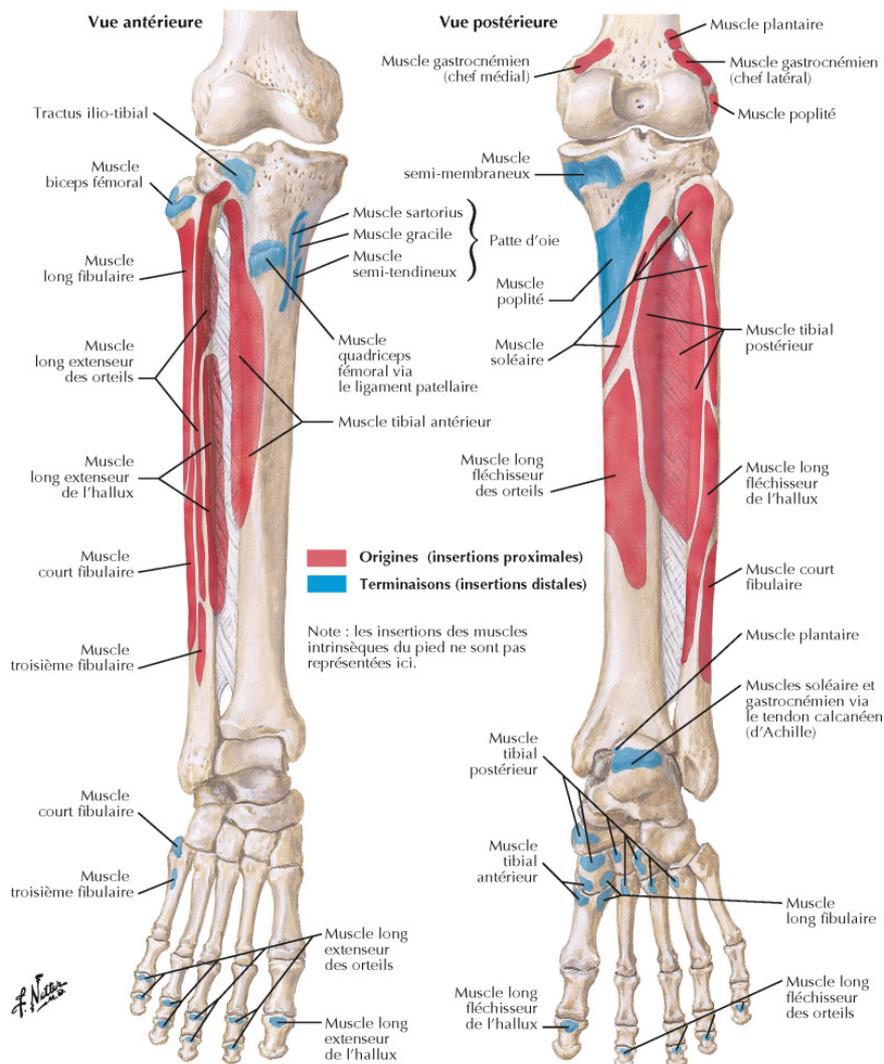


Figure 4 : Schéma des insertions musculaires du tibia [17].

Les rapports avec les éléments vasculonerveux sont :

- En avant (Figure 5) : l'artère tibiale antérieure accompagnée du nerf tibial antérieur en arrière du tendon de l'extenseur propre de l'hallux, l'artère perforante antérieure provenant de l'artère fibulaire en avant de la fibula et la veine saphène interne en avant de la malléole interne.

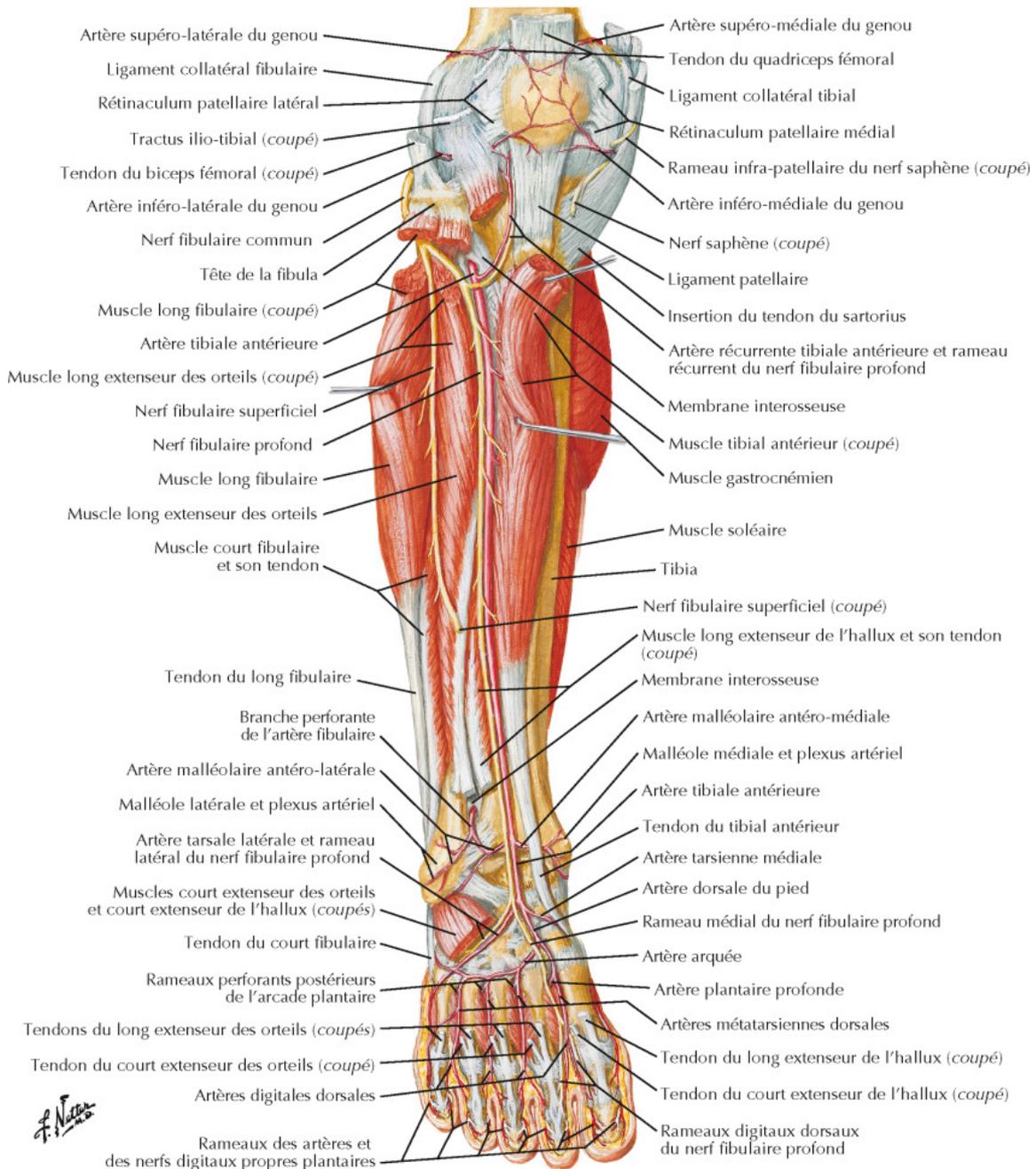


Figure 5 : Schéma des rapports vasculo-nerveux antérieurs du pilon tibial [17].

- En arrière (Figure 6) : l'artère tibiale postérieure accompagnée du nerf tibial postérieur entre les tendons du fléchisseur commun et du fléchisseur propre de l'hallux, l'artère fibulaire en arrière de la fibula.

### Jambe droite

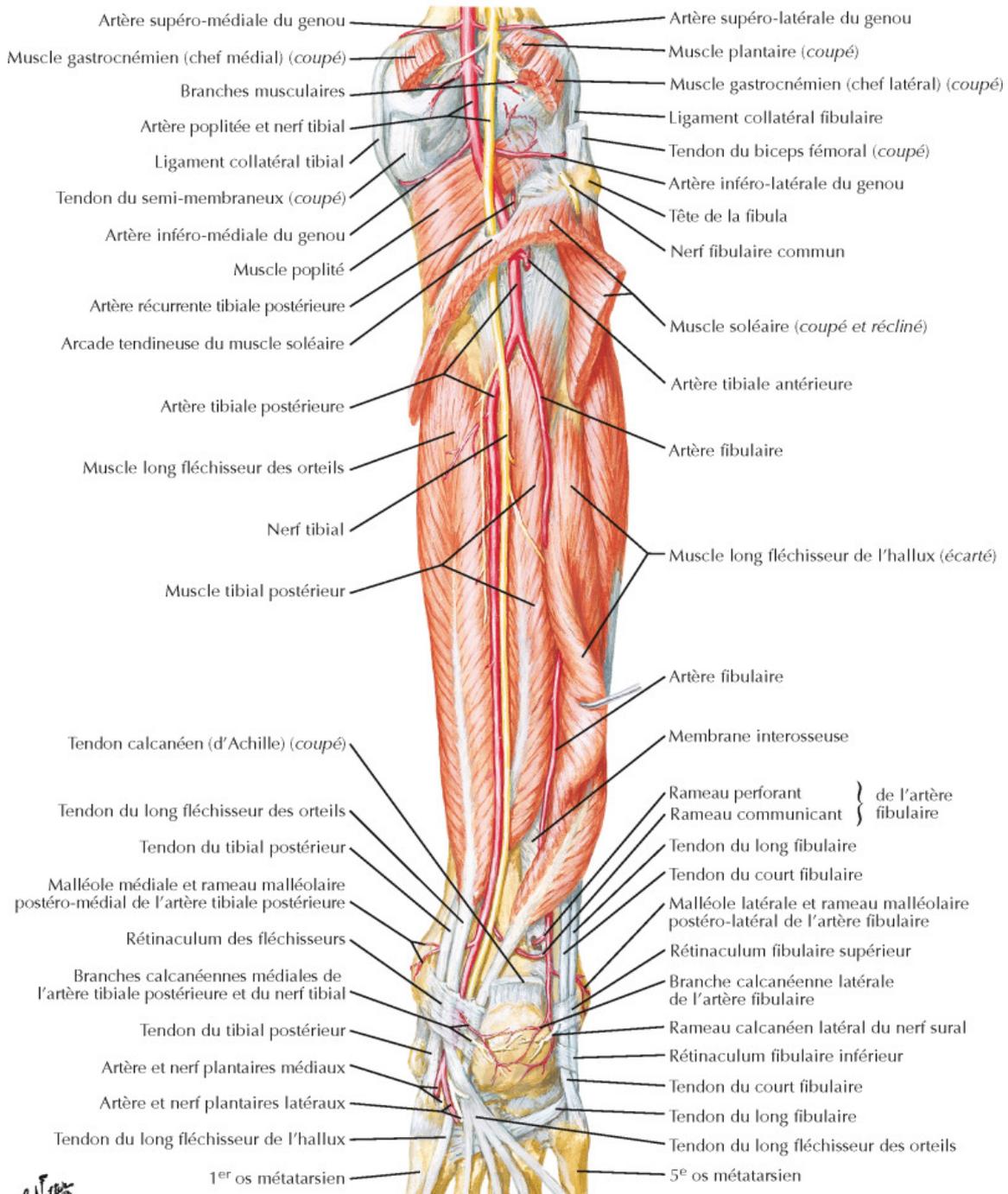


Figure 6 : Schéma des rapports vasculo-nerveux postérieurs du pilon tibial [17].

Il existe une vascularisation propre à chaque zone du pilon tibial, épiphysaire et métaphysaire, même si globalement cette vascularisation reste précaire du fait de l'absence d'insertion musculaire sur celui-ci [5].

La zone métaphysaire est vascularisée par le plexus anastomotique péri-métaphysaire provenant essentiellement de l'artère tibiale postérieure et de l'artère fibulaire.

La zone épiphysaire est alimentée par les artères épiphysaires directes provenant de l'artère tibiale postérieure et de l'artère fibulaire ainsi que par les artères capsulo-épiphysaires et les artères métaphyso-épiphysaires périostées.

La vascularisation cutanée est également très précaire, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle les complications cutanées sont si fréquentes dans cette région anatomique [5,17].

Deux plexus sus-aponévrotiques participent à cette vascularisation cutanée, le premier antérieur, provenant de l'artère tibiale antérieure et de l'artère fibulaire via sa perforante et le second postérieur, provenant de l'artère tibiale postérieure et de l'artère fibulaire.

Cette disposition anatomique entraîne une zone antéro-interne uniquement couverte par l'artère tibiale antérieure, expliquant les difficultés cicatricielles potentielles surtout si une voie d'abord est réalisée dans cette zone (Figure 7).

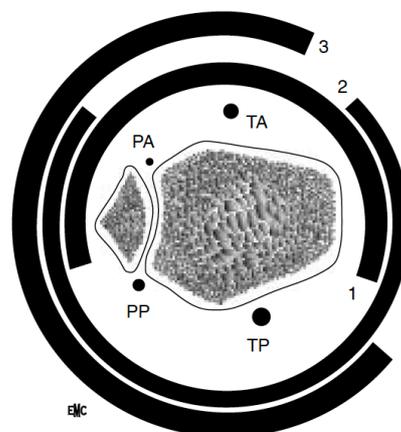


Figure 7 : Schéma des zones de vascularisation du pilon tibial [5].

TA : Tibiale antérieure, TP : Tibiale postérieure, PP : Fibulaire avec sa perforante PA  
1 : injection dans la TA, 2 : injection dans la TP, 3 : injection dans la fibulaire

### 1.3 Mécanismes lésionnels

Deux grands types de traumatisme sont à l'origine de ces fractures, les accidents à haute ou basse énergie [2,15].

Les accidents à haute énergie sont majoritairement représentés par les accidents de la voie publique ou les chutes d'un lieu élevé. Les accidents à basse énergie touchent préférentiellement les personnes âgées avec un os ostéoporotique, avec pour mécanisme une force rotatoire excessive du pied sur le tibia.

Le mécanisme lésionnel est, dans la quasi-totalité des cas, indirect par l'intermédiaire du pied. La compression axiale est l'élément dominant expliquant les fractures du pilon tibial, il s'agit de la force vulnérante principale, associée à des forces vulnérantes associées (flexion dorsale, flexion plantaire, abduction, adduction, rotation). La combinaison de ces forces provoque une grande variété de fractures [18].

Classiquement, 3 fragments élémentaires peuvent être détachés : le fragment de Volkmann (pavé postéro-latéral), le fragment de Chaput (pavé antéro-latéral) et le fragment médial [11].

La connaissance de ces différents fragments est importante pour optimiser la prise en charge thérapeutique (Figure 8).

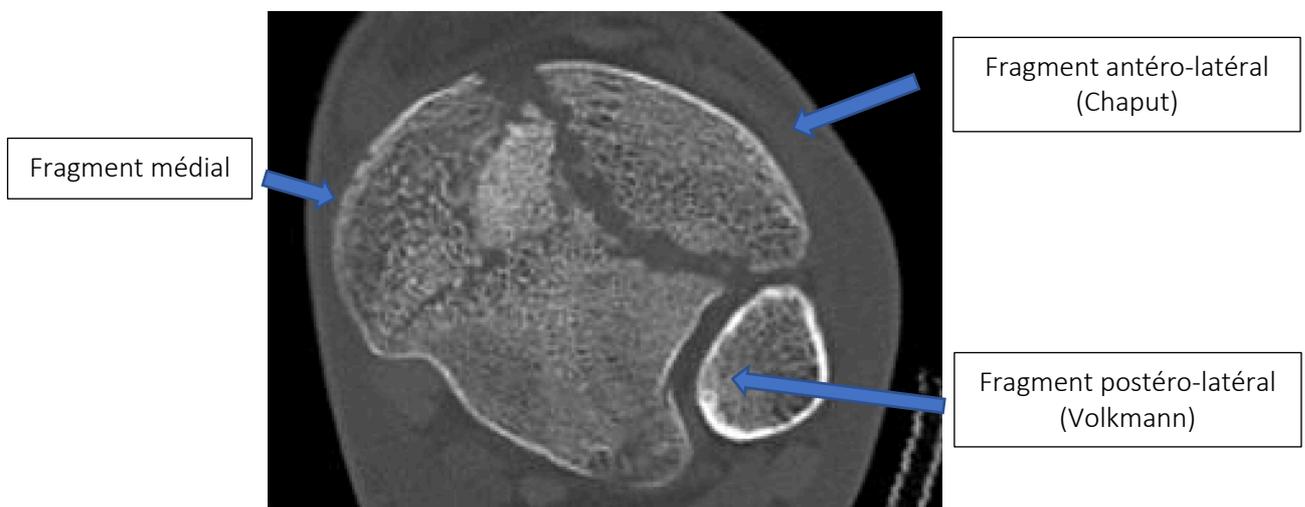


Figure 8 : Coupe axiale d'un scanner montrant les 3 fragments élémentaires.  
(CHU de Bordeaux)

## 1.4 Classifications lésionnelles

Plusieurs classifications sont utilisées pour décrire ces fractures dans la littérature internationale. Les deux principales étant celle de l'AO [19] et celle Rüedi and Allgöwer [8].

C'est la classification suisse de l'AO qui est actuellement la référence. Les fractures du pilon tibial correspondent au type 4.3.

Elles se composent de trois grands groupes (Figure 9) :

- Type A : Fracture métaphysaire, extra-articulaire, complète, simple (A1), en coin (A2) ou multifragmentaire (A3)
- Type B : Fracture, articulaire, partielle, à type de séparation (B1), séparation-tassement (B2) et tassement-éclatement (B3).
- Type C : Fracture articulaire, complète, simple (C1), articulaire simple et métaphysaire multifragmentaire (C2) et articulaire multifragmentaire (C3).

A : Fracture métaphysaire, extra-articulaire, complète



B : Fracture, articulaire, partielle



C : Fracture, articulaire, complète



Figure 9 : Classification de l'AO [19].

Elle est peu reproductible mais la distinction entre les trois grands types (A, B et C) semble suffisante dans la littérature pour réaliser nos études cliniques [20].

La classification de Rüedi and Allgöwer [8] est définie en 3 stades (Figure 10) :

- Type I : Fracture simple, peu déplacée, non comminutive
- Type II : Fracture déplacée, non comminutive
- Type III : Fracture déplacée, comminutive

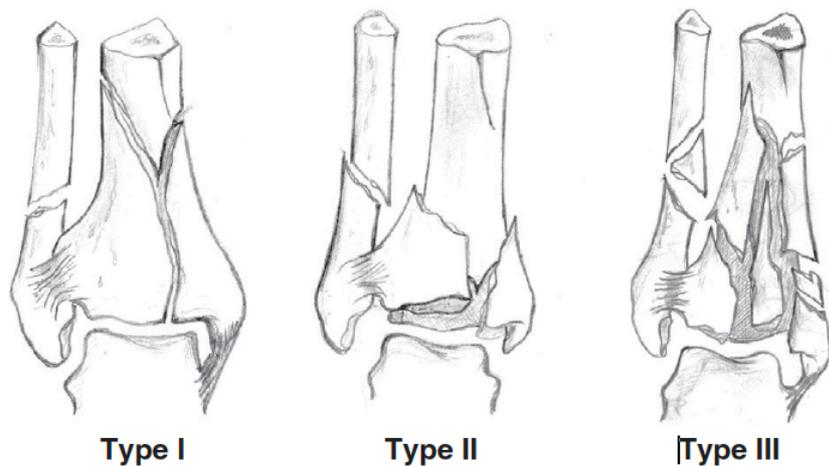


Figure 10 : Classification de Rüedi and Allgöwer [8]

Citons également la classification française de la SOFCOT [4], elle est basée sur l'analyse de 700 dossiers lors du symposium de 1991. Elle est divisée en deux grandes catégories, les fractures incomplètes et les fractures complètes.

- Fracture avec rupture métaphysaire complète :
  - A : avec déplacement antérieur.
  - B : sans déplacement antéro-postérieur.
  - C : avec déplacement postérieur.
- Fracture avec rupture métaphysaire partielle :
  - A : Fracture marginale antérieure à trait articulaire unique.
  - B : Fracture marginale antérieure avec refend.
  - C : Fracture marginale postérieure.
  - D : Fracture sagittale.
  - E : Fracture spiroïde du tibia irradiée au pilon.

## 1.5 Bilan clinique

Un examen clinique complet et comparatif doit systématiquement être réalisé chez un patient suspect de fracture du pilon tibial.

Les signes fonctionnels sont classiques avec des douleurs intenses localisées autour de la cheville, une déformation, une impotence fonctionnelle complète avec impossibilité de se tenir debout.

L'inspection doit s'attacher à rechercher des complications cutanées, pouvant être de deux types.

Une ouverture cutanée qui devra être classifiée selon Gustillo-Anderson ou Cauchoix, c'est un élément majeur pour la prise en charge du patient. La classification de Gustillo-Anderson reste la plus utilisée dans la littérature internationale [21] (Tableau 1).

Stade	Lésions
I	Ouverture < 1cm Tissus adjacents sains Pas d'écrasement Fracture à trait simple, faible comminution
II	Ouverture > 1cm Écrasement modéré Fracture modérément comminutive
III	Fracture à haute énergie, comminution fracturaire importante, contamination élevée  IIIA : plaie < 10cm, lésions étendues des parties molles par traumatisme à haute énergie, possibilité de fermeture IIIB : Plaie > 10cm, décollement périosté, exposition osseuse, contamination massive et comminution, nécessité d'un lambeau de couverture IIIC : Lésion vasculaire dont la réparation est indispensable pour la survie du membre

Tableau 1 : Classification de Gustillo-Anderson [21].

Des lésions de souffrance cutanée (contusion, échymose, phlycthène, nécrose et décollement) qui devront également être classifiées, selon Tscherné [22] (Tableau 2).

Stade	Lésions
0	Indemne
1	Simple contusion
2	Contusions étendues (peau ou muscles), phlycthènes
3	Nécrose, décollements, syndromes compartimentaux

Tableau 2 : Classification de Tscherné [22].

Les éléments de gravité, de type anomalie vasculo-nerveuse, sont toujours recherchés, bien que rares.

La recherche de lésions associées est également systématique, notamment chez les patients susceptibles d'être polytraumatisés dans un contexte de haute cinétique.

## 1.6 Bilan d'imagerie

Le bilan initial en urgence doit inclure des radiographies de face et de profil de la cheville pour confirmer le diagnostic, classifier la fracture selon l'AO et rechercher des fractures associées fréquentes (malléole latérale et malléole médiale).

Autres clichés utiles :

- Des radiographies du tibia de face et de profil homolatéral semble importante pour démasquer un prolongement du trait de fracture au niveau de la diaphyse tibiale.
- Des radiographies du pied de face et de profil homolatéral, à la recherche de fractures associées (talus, calcaneum, os du tarse et métatarses).

Un examen tomodensitométrique est indispensable dans les fractures du pilon tibial. Il permet de comprendre la fracture en repérant le trait de fracture principal, les différents fragments et d'analyser la surface articulaire. Il permet de définir une stratégie chirurgicale (voie d'abord, type de réduction, type d'ostéosynthèse) [15,22]. La reconstruction dans les 3 plans de l'espace (axiale, coronale et sagittale et 3D) permet d'améliorer la compréhension de la fracture.

## 1.7 Thérapeutique

### 1.7.1 Traitements orthopédiques

#### 1.7.1.1 Immobilisation plâtrée

La contention plâtrée, soit par une botte, soit par un cruro-pédieus est actuellement rare.

Elle est réservée préférentiellement aux fractures non déplacées et un contexte de basse énergie. Une réduction associée sous anesthésie générale peut s'envisager chez les patients ne pouvant pas bénéficier d'une ostéosynthèse. La durée habituelle d'immobilisation est de 6 à 12 semaines [23].

Le taux de déplacement secondaire et de cal vicieux est important avec ce traitement. De plus, la contention empêche de réaliser une surveillance cutanée satisfaisante [11].

#### 1.7.1.2 Traction trans-calcanéenne

Le principe est le ligamentotaxis, la réduction étant assurée par la mise en tension des structures capsulo-ligamentaires périphériques.

La pose d'une broche de Kirschner (25/10 mm) dans le calcaneum permet de réaliser une traction puissante (3-5kg le plus souvent) dans l'axe du membre inférieur sur un support permettant d'avoir le genou légèrement fléchi. La durée est de 4 à 6 semaines, le plus souvent relayée par une botte en résine. A noter qu'une rééducation précoce de la cheville est toujours associée pour optimiser le remodelage articulaire.

Cette méthode est lourde, nécessitant une hospitalisation de longue durée, et associée à un taux important de complications (retard de consolidation, pseudarthrose, déplacement secondaire, cal vicieux et complications de décubitus) [18].

La traction trans-calcanéenne en traitement définitif, historiquement utilisée, n'a plus sa place dans la prise en charge des fractures du pilon tibial. En revanche, elle peut être utilisée en traitement d'attente pour réaliser une ostéosynthèse à foyer ouvert afin de diminuer les complications cutanées (Figure 11).

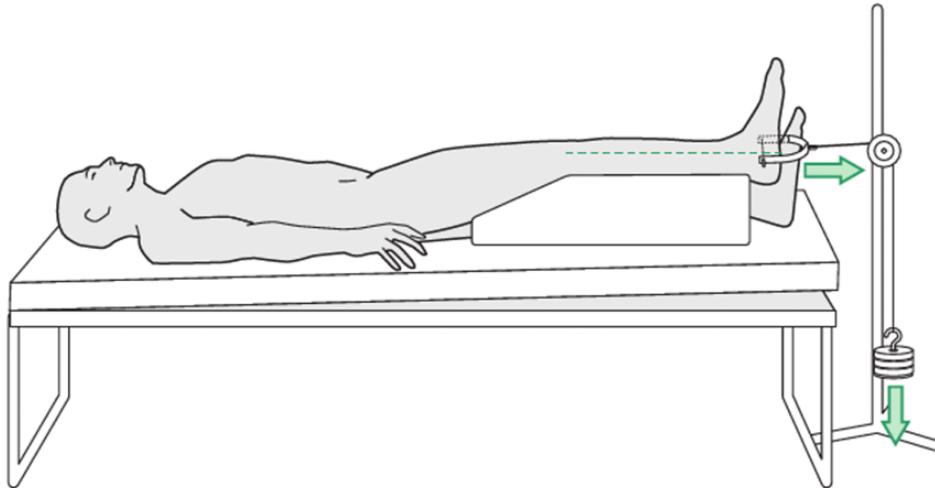


Figure 11 : Schéma de l'installation d'une traction trans-calcanéenne.  
(Selon l'AO)

### 1.7.2 Traitements chirurgicaux

Plusieurs techniques chirurgicales sont admises pour le traitement des fractures de l'extrémité inférieure du tibia, sans réel traitement de référence admis [11].

#### 1.7.2.1 Ostéosynthèse par plaque

C'est une technique à foyer ouvert, il faut donc obtenir une réduction anatomique. Elle est la technique la plus utilisée, même si elle expose aux risques de complications cutanées. Son association à des lésions cutanées lors du traumatisme peuvent amener à des complications graves, notamment des infections profondes jusqu'à 37% [24,25].

De nombreuses voies d'abord ont été décrites pour réaliser une ostéosynthèse à foyer ouvert du pilon tibial (Figure 12).

La voie actuellement préférée est la voie antéro-latérale, elle est associée au taux de complications le plus faible [26]. En effet, les voies médiale et antéro-médiale sont dangereuses en raison d'une vascularisation précaire reposant sur l'artère tibiale antérieure uniquement [27]. La voie postéro-latérale est intéressante pour stabiliser un volumineux fragment postéro-latéral et ostéosynthésier la fibula dans le même temps [28]. La voie latérale est essentiellement utilisée pour réaliser la fixation de la fibula. Les voies postérieure et postéro-médiale sont utilisées au cas par cas en fonction des spécificités de la fracture.

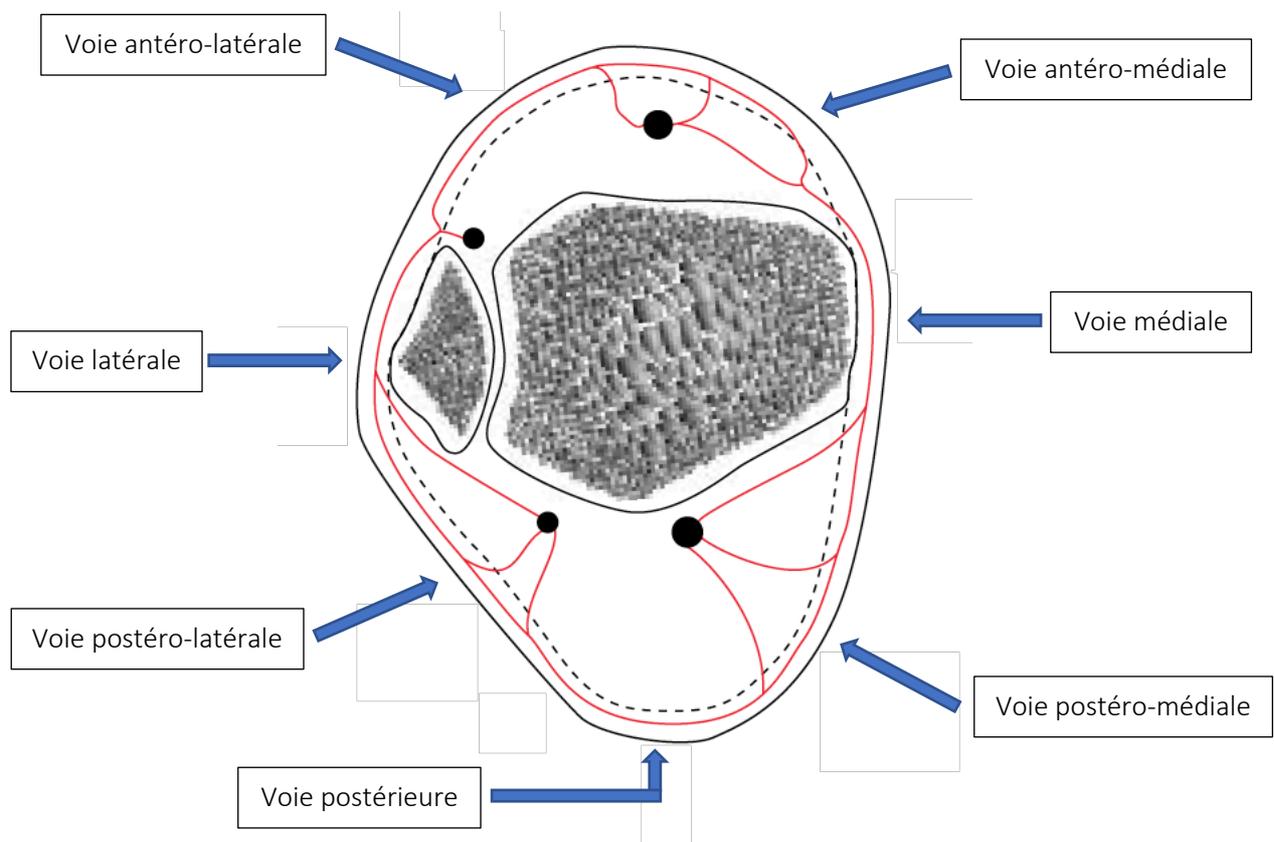


Figure 12 : Schéma des différentes voies d'abord du pilon tibial [18].

L'ostéosynthèse à foyer ouvert est basée sur les principes de l'AO de Müller [29], trois temps sont nécessaires pour la réalisation d'une ostéosynthèse de qualité.

Le premier temps repose sur la reconstruction épiphysaire par l'intermédiaire de vis ou de broches afin de restaurer une surface articulaire anatomique [30] (Figure 13). Certains chirurgiens utilisent un distracteur articulaire pour obtenir un effet ligamentotaxis.

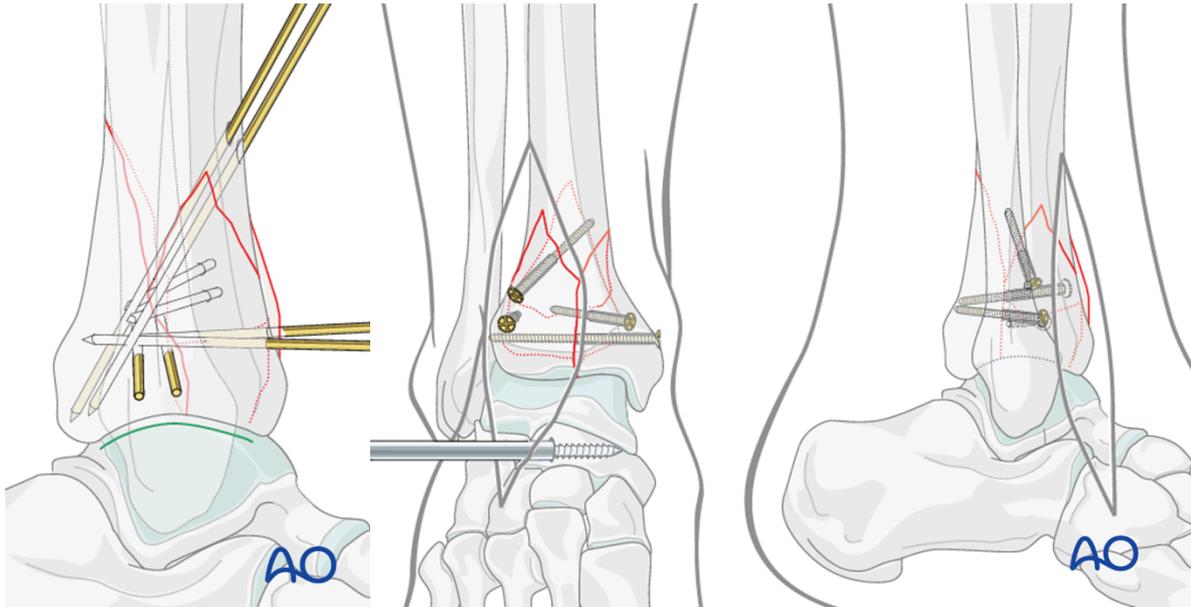


Figure 13 : Schémas du premier temps de l'ostéosynthèse à foyer ouvert.  
(Selon l'AO)

Le second temps est la réduction de l'épiphyse sur la métaphyse afin de restaurer l'axe du membre inférieur.

Le troisième temps est la fixation par l'intermédiaire d'une plaque anatomique (Figure 14). Une seconde plaque peut être associée au cas par cas.

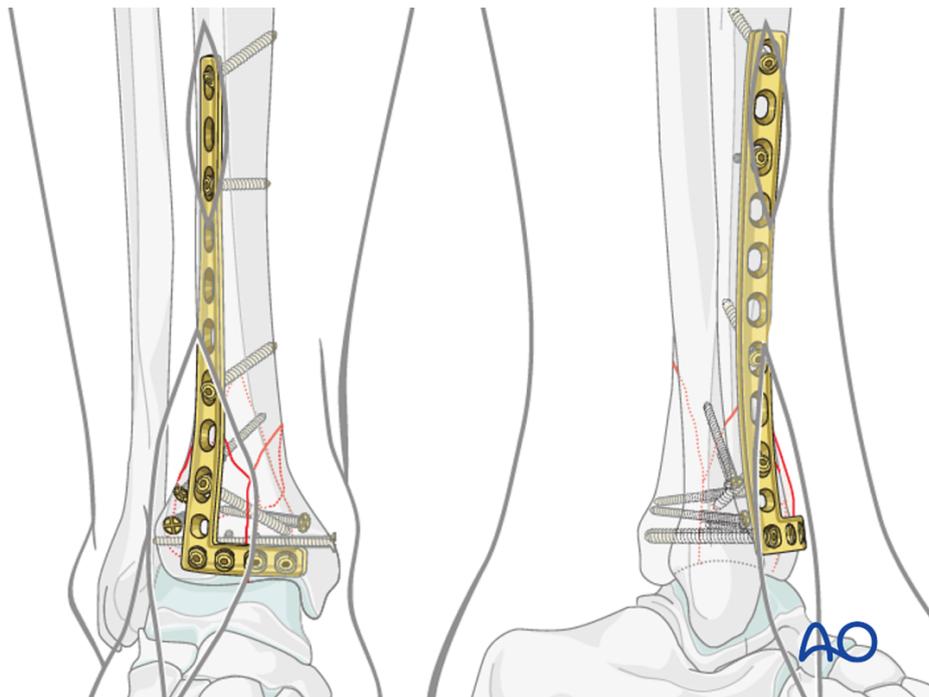


Figure 14 : Schéma d'une ostéosynthèse par plaque via une voie antéro-latérale.  
(Selon l'AO)



Figure 15 : Radiographie de face d'une ostéosynthèse par plaque via une voie antéro-latérale.  
(CHU de Bordeaux)

Le développement de voies dites mini-invasives permet de diminuer l'agression sur les parties molles et éviter au maximum la dévascularisation des fragments osseux. Ses résultats semblent identiques à l'ostéosynthèse à foyer ouvert classique [31].

En revanche, la conservation de l'hématome péri-fracturaire dans certaines fractures extra-articulaires semble intéressante pour favoriser la consolidation [32].

L'association à une greffe osseuse spongieuse peut s'envisager en cas de perte de substance épiphyso-métaphysaire [33]. La greffe osseuse immédiate est de moins en moins fréquente, notamment par l'utilisation croissante de voies mini-invasives permettant de conserver l'hématome péri-fracturaire [34].

Celle-ci est préférentiellement réalisée au dépend de la crête iliaque pour obtenir de l'os spongieux de qualité, en dernier recours, de l'allogreffe lyophilisée peut s'envisager.

### 1.7.2.2 Ostéosynthèse par fixateur externe

La fixation externe permet de réduire l'impact chirurgical sur les parties molles, c'est une technique à foyer fermé.

Deux grands types de fixateurs sont possibles :

- Le fixateur externe tibio-calcanéen pontant l'articulation.
- Le fixateur externe péri-articulaire permettant une mobilisation précoce de la cheville.

Le fixateur externe tibio-calcanéen permet la réduction et la stabilisation de la fracture par la méthode du ligamentotaxis. De nombreux types de fixateur externe sont disponibles pour réaliser ce montage. Il s'envisage soit pour une fixation externe temporaire avant d'envisager une ostéosynthèse à foyer ouvert, soit pour une fixation externe définitive [11].

Dans l'urgence, il s'agit d'un moyen de stabilisation simple et fiable pouvant se réaliser très rapidement (Figure 16).

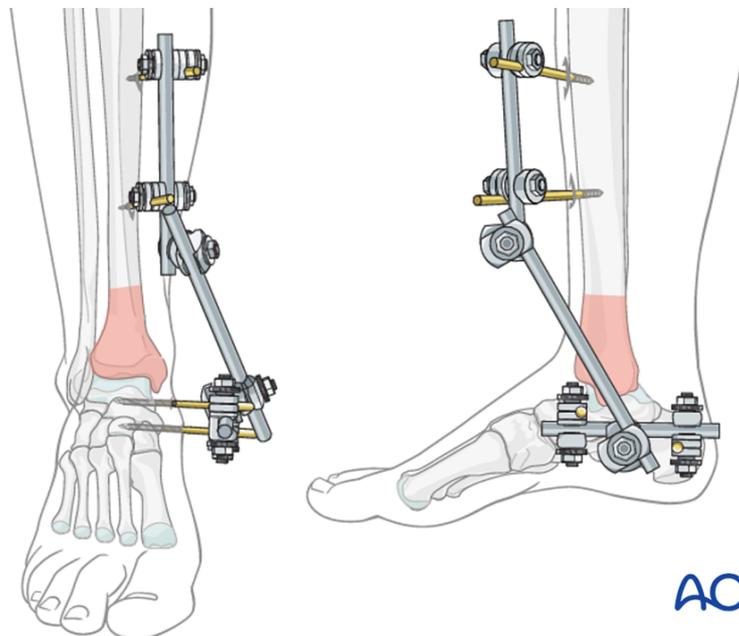


Figure 16 : Schéma d'un fixateur externe temporaire avant ostéosynthèse à foyer ouvert.  
(Selon l'AO)

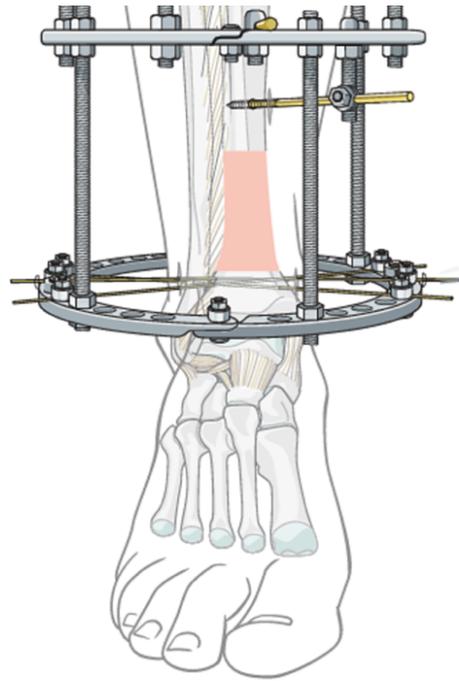


Figure 17 : Radiographie de face d'une ostéosynthèse par fixateur externe tibio-calcaneén.  
(CHU de Bordeaux)

Le fixateur externe péri-articulaire circulaire, basé sur les principes d'Illizarov [35] est utilisé uniquement pour une stabilisation définitive.

La réduction est également basée sur le principe du ligamentotaxis. C'est une option permettant de réaliser une ostéosynthèse stable sans dommage pour les parties molles et ayant l'avantage de laisser l'articulation tibio-talienne libre [36].

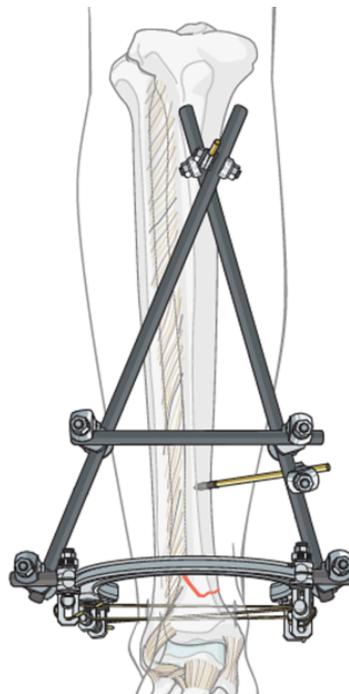
Son principe repose sur l'utilisation d'au moins deux anneaux fixés à l'os par l'intermédiaire de broches (utilisant les couloirs de sécurité) et reliés entre eux par des connecteurs. L'intérêt est de pouvoir fixer un anneau autour du segment épiphysaire distal pour éviter de ponter l'articulation (Figure 18).



AO

Figure 18 : Schéma d'un fixateur externe circulaire selon les concepts d'Illizarov.  
(Selon l'AO)

Des formes hybrides existent utilisant un seul anneau épiphysaire distal connecté au reste du tibia par un fixateur externe « classique » (Figures 19 et 20).



AO

Figure 19 : Schéma d'un fixateur externe hybride.  
(Selon l'AO)



Figure 20 : Photo d'un montage hybride avec un anneau distal unique.  
(CHU de Bordeaux)



Figure 21 : Fracture articulaire comminutive du pilon tibial, vue en radiographie de face (a), en coupe TDM coronale (b) et sagittale (c).  
(CHU de Bordeaux)

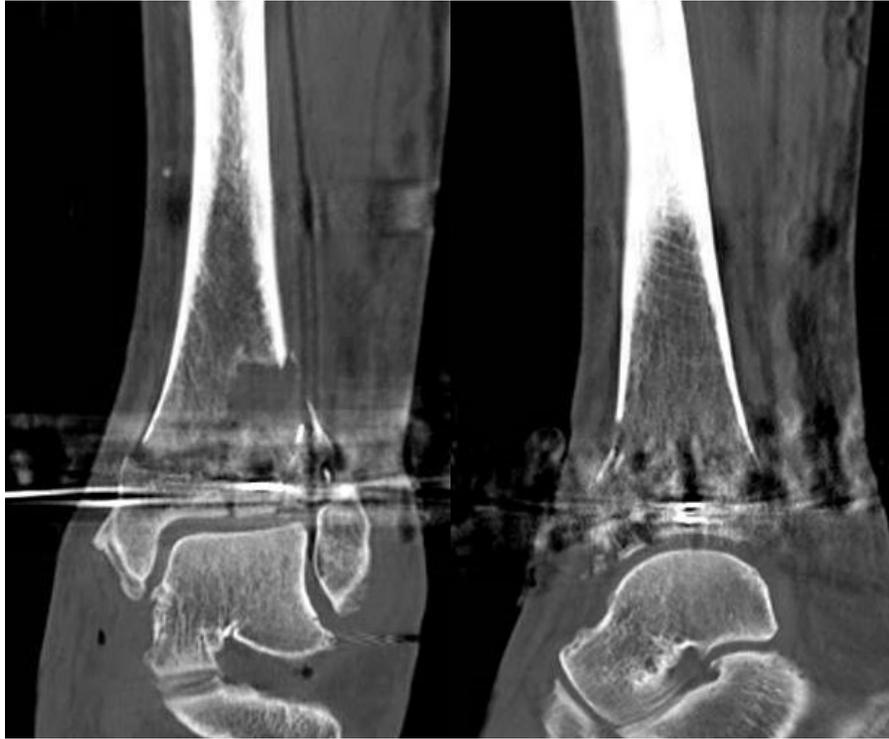


Figure 22 : Scanner montrant la bonne réduction articulaire après la mise en place du FEPA.  
(CHU de Bordeaux)



Figure 23 : Radiographies de la cheville à 12 mois du traumatisme montrant la bonne consolidation et  
une surface articulaire restaurée.  
(CHU de Bordeaux)

### 1.7.2.3 Ostéosynthèse par enclouage centromédullaire

L'enclouage centromédullaire pour les fractures du pilon reste assez anecdotique, elle est pratiquée par des équipes entraînées à cette technique, notamment l'école Strasbourgeoise [37].

Cette ostéosynthèse ne peut pas être appliquée à l'ensemble des fractures du pilon tibial. Le clou peut s'envisager dans les fractures extra-articulaires (43.A de l'AO) qui sont suffisamment hautes pour permettre le verrouillage distal du clou. Le développement de nouveaux clous avec la possibilité de réaliser un verrouillage très distal, dit en « bout de clou » permet d'élargir les indications de cette technique [38] (Figure 24).

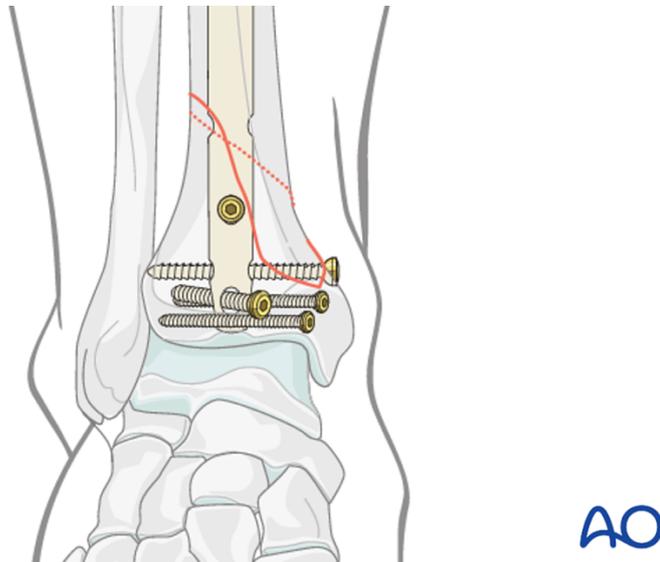


Figure 24 : Schéma d'une ostéosynthèse par enclouage centromédullaire avec synthèse de l'épiphyse en percutanée.  
(Selon l'AO)

Sa mise en place ne diffère pas de l'enclouage des diaphyses tibiales. L'installation se fait plutôt avec table orthopédique. Le clou est introduit par l'extrémité supérieure du tibia après avoir réalisé une voie d'abord para ou trans tendineuse au niveau du tendon rotulien. La réduction du fragment distal peut nécessiter la mise en place de vis de guidage, dit « poller screw » [39] (Figure 25).



Figure 25 : Radiographie de face montrant une ostéosynthèse par clou centromédullaire utilisant une vis de guidage pour éviter un mauvais alignement (40).

Certains auteurs ont rapporté la faisabilité de l'enclouage dans les fractures articulaires avec une épiphyse non comminutive. Ils réalisent une synthèse à minima par voie percutanée pour réduire et fixer l'épiphyse avant la mise en place du clou [38].

## 1.8 Soins post opératoires

Les soins post opératoires sont peu influencés par le choix thérapeutique.

Les soins de pansement doivent être réguliers, que ce soit sur une cicatrice liée à une ostéosynthèse à foyer ouvert ou sur des fiches et/ou broches liées à une fixation externe.

Pour l'ostéosynthèse à foyer ouvert, la surveillance des signes de souffrance cutanée doit être réalisée de manière attentive jusqu'à cicatrisation complète.

Pour la fixation externe, il est nécessaire de dépister tout signe évocateur d'infection sur fiches et/ou broches, le plus souvent une inflammation associée à un écoulement.

L'appui est contre-indiqué pour une durée totale de 4-6 semaines imposant une anticoagulation préventive pour la même période. La reprise de l'appui peut être différée jusqu'à 3 mois en fonction de la solidité du montage et des signes de consolidation.

La kinésithérapie doit être débutée le plus rapidement possible, au moins de manière passive, pour conserver des amplitudes articulaires normales.

## 1.9 Complications

Les complications sont fréquentes [15] touchant 20 à 50% des patients [9,41]. Les conséquences socio-économiques sont majeures avec seulement 40% de reprise du travail à 2 ans dans certaines études [42].

### 1.9.1 Complications immédiates

La principale complication, la plus redoutée, est la souffrance des parties molles, pouvant aboutir à une nécrose cutanée plus ou moins étendue. Cette complication est grave et retarde la guérison.

De plus, ces lésions cutanées favorisent les surinfections superficielles et profondes. Ainsi des gestes de couverture, soit par greffe de peau, soit par lambeaux musculaires peuvent s'avérer nécessaires. Enfin, rarement, lorsque le délabrement est au-delà des recours de couverture habituels, l'amputation sera la seule solution [41].

Les lésions vasculaires et nerveuses sont très rares et se voient principalement dans le cadre de polytraumatisme à très grande énergie [11].

Le syndrome des loges est rare dans les fractures du pilon tibial et concerne essentiellement les fractures impliquant la diaphyse tibial, plutôt à haute énergie.

## 1.9.2 Complications liées à la technique chirurgicale

### 1.9.2.1 *Ostéosynthèse à foyer ouvert*

La désunion de cicatrice est une complication propre à l'ostéosynthèse à foyer ouvert, potentiellement redoutable, puisqu'elle peut entraîner une exposition de la plaque avec une infection profonde, première étape de la pseudarthrose septique. Le choix du moment opératoire est donc crucial, il faut savoir attendre et réaliser une chirurgie en deux temps [41,43].

L'utilisation d'une plaque expose au risque, rare, de fracture sur plaque nécessitant toujours une reprise chirurgicale, celle-ci est favorisée par la pseudarthrose.

### 1.9.2.2 *Ostéosynthèse par fixateur externe*

Les infections de broches ou de fiches sont fréquentes mais n'entraînent que rarement l'ablation complète du matériel. Le plus souvent, des soins de fiches et une antibiothérapie orale suffisent à résoudre le problème, après prélèvements bactériologiques. Parfois l'ablation d'une seule broche ou fiche est nécessaire pour éviter la contamination de l'ensemble du matériel et du foyer de fracture [13].

Le « débricolage » et le déplacement secondaire, ces deux complications sont le plus souvent liées à une mauvaise qualité de montage ou un non-respect des consignes post opératoires [32].

Le bon respect des couloirs de sécurité décrits dans l'atlas de Bianchi-Maiocchi [44], permet d'éviter les lésions iatrogènes. Même si les lésions vasculo-nerveuses sont rares, il peut exister des lésions sur les tendons passant autour du pilon tibial. Une incision punctiforme permet d'écartier les parties molles à minima pour limiter ces complications iatrogènes.

### 1.9.3 Complications à distance

La pseudarthrose, septique ou aseptique, reste redoutée dans les pilons tibiaux. Son traitement est difficile, nécessitant des reprises chirurgicales itératives et aboutissant à des résultats décevants [41].

La raideur est une complication fréquente avec des conséquences non négligeables, notamment chez le sujet jeune et sportif. Une rééducation intensive avec travail des amplitudes articulaires est le meilleur moyen de l'éviter [45].

Les cals vicieux sont de moins en moins fréquents depuis l'abandon progressif du traitement orthopédique et l'amélioration des matériels d'ostéosynthèse. Ils sont liés le plus souvent à un manque de réduction initiale [11]

L'arthrose talo-crurale est la principale complication à long terme. Elle est essentiellement liée à la qualité de la réduction articulaire initiale. En fonction de la gêne ressentie par le patient, différents traitements s'envisagent, de l'infiltration à l'arthrodèse talo-crurale (Figure 26).

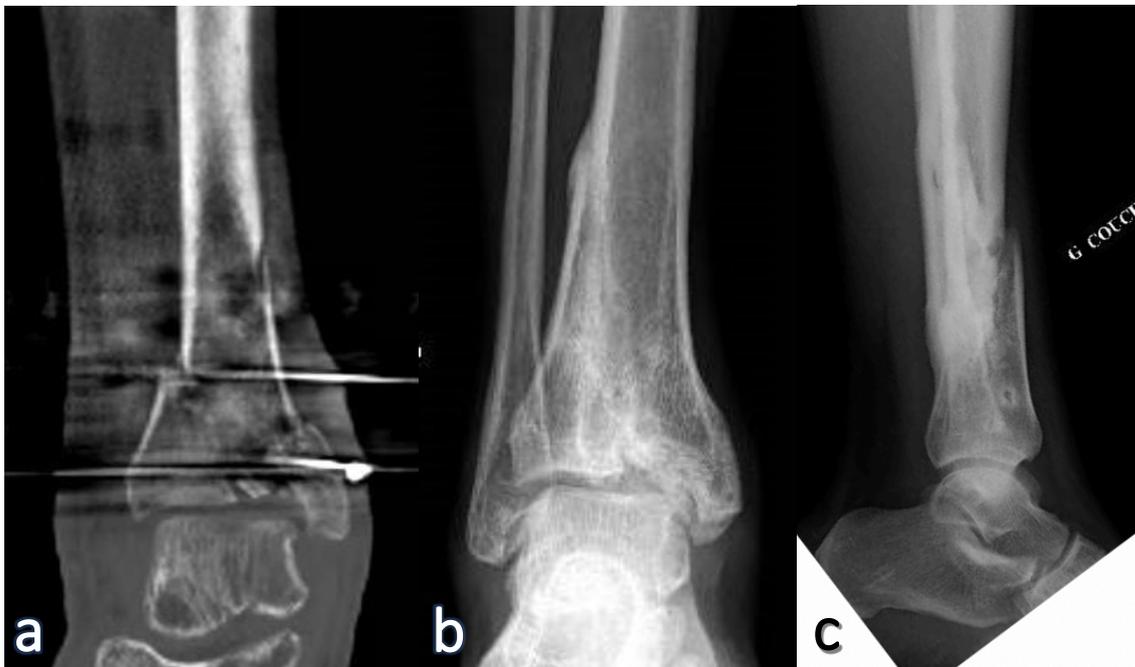


Figure 26 : Mauvaise réduction articulaire en coupe coronale de TDM (a) et évolution défavorable constatée à 1 an sur des radiographies de la cheville (b et c).  
(CHU de Bordeaux)

L'algodystrophie est peu fréquente mais ralentit l'évolution immédiate sans séquelles à distance [9].

## 2. DEUXIEME PARTIE : NOTRE ÉTUDE

---

### 2.1 Introduction

Le fixateur externe péri-articulaire circulaire utilisé de manière définitive, est une option permettant de réaliser une ostéosynthèse stable sans lésions des parties molles tout en laissant l'articulation libre [9].

Cette méthode semble obtenir de bons résultats avec les FEPA hybrides [10] mais aucune étude n'a été réalisée sur le FEPA TL-HEX Trauma™ (Orthofix®, Vérone, IT).

Nous avons mené une étude rétrospective monocentrique avec comme objectifs : 1) d'évaluer le taux et le délai de consolidation dans les fractures du pilon tibial traitées par FEPA type TL-HEX Trauma™, 2) d'étudier les résultats cliniques et fonctionnels et 3) d'analyser le taux de complication.

Notre hypothèse était que le FEPA type TL-HEX Trauma™ dans les fractures du pilon tibial permettait d'obtenir de bons résultats sur la consolidation osseuse avec un faible taux de complication, notamment cutanée.

### 2.2 Matériel & Méthodes

#### 2.2.1 Patients

Il s'agit d'une étude rétrospective incluant toutes les fractures du pilon tibial classées 4.3 selon l'AO [11], traitées par FEPA TL-HEX Trauma™, dans les 7 jours suivants le traumatisme, chez l'adulte de plus de 18 ans, réalisées de 06/2016 à 12/2018. Deux patients ont été exclus de l'étude pour données manquantes (Figure 1).

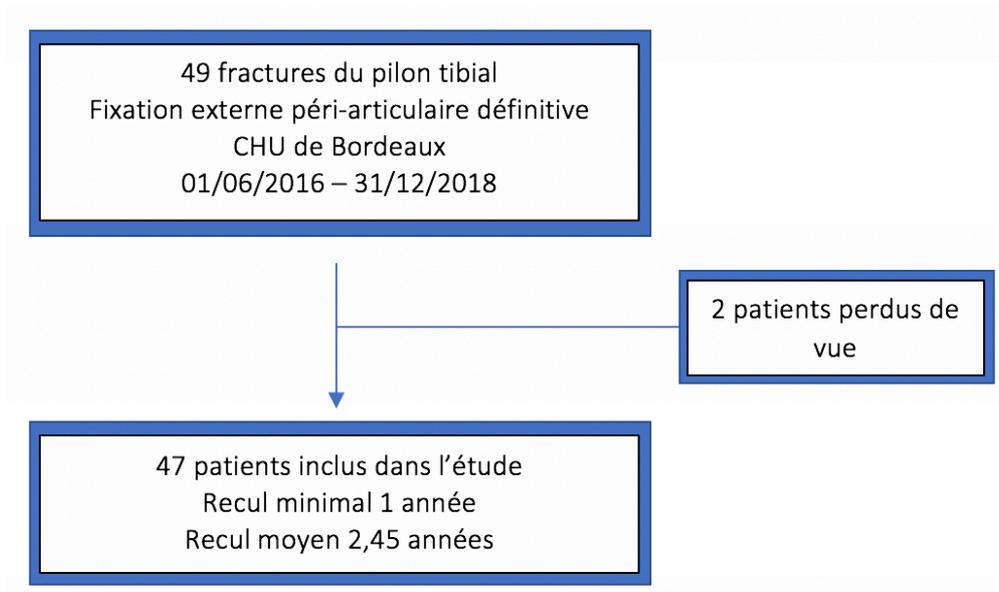


Figure 27 : Flow-chart de l'étude.

Au recul moyen de 2,45 années  $\pm$  0,72 (1,2-3,7), 47 patients ont été opérés par un FEPA pour fracture du pilon tibial. L'âge moyen était de 48,34 années  $\pm$  16,34 (22-93) avec 30 hommes et 17 femmes. Vingt-trois patients étaient fumeurs lors du traumatisme (48,93%).

Toutes les fractures étaient liées à des accidents à haute cinétique, 53,19% (25/47) par AVP et 46,81% (22/47) par chute d'un lieu élevé.

Les fractures étaient ouvertes dans 48,94% (23/47) classées selon Gustillo [12] et fermées dans 51,06% (24/47), classées selon Tscherné [13].

Selon l'AO [11], les fractures 4.3 étaient classées : 9 A1 (19,15%), 5 A2 (10,64%), 14 A3 (29,79%), 2 B1 (4,26%), 1 B2 (2,13%), 0 B3 (0%), 8 C1 (17,02%), 3 C2 (6,38%) et 5 C3 (10,64%).

L'ensemble des caractéristiques de notre étude est regroupé dans le tableau 3.

Catégorie	Données
Age moyen (années)	48,34 ± 16,34 (22-93)
Sexe	
Homme	30 (63,83%)
Femme	17 (36,17%)
Recul moyen (années)	2,45 ± 0,72 (1,2-3,7)
Statut tabagique	
Fumeur	23 (48,94%)
Non-fumeur	24 (51,06%)
Type de traumatisme	
AVP	25 (53,19%)
Chutes d'un lieu élevé	22 (46,81%)
Fractures ouvertes (Gustillo)	23 (48,94%)
I	11 (23,4%)
II	6 (12,77%)
IIIA	4 (8,51%)
IIB	2 (4,26%)
IIIC	0 (0%)
Fractures fermées (Tscherne)	24 (51,06%)
0	3 (6,38%)
1	8 (17,02%)
2	10 (21,28%)
3	3 (6,38%)
Trouble vasculaire	0 (0%)
Trouble nerveux	0 (0%)
Type de fracture (AO)	
43A1	9 (19,15%)
43A2	5 (10,64%)
43A3	14 (29,79%)
43B1	2 (4,26%)
43B2	1 (2,13%)
43B3	0 (0%)
43C1	8 (17,02%)
43C2	3 (6,38%)
43C3	5 (10,64%)
Gestes associées	12 (25,53%)
Vissage pilon tibial	7 (14,89%)
Vissage malléole interne	4 (8,51%)
Embrochage malléole interne	1 (2,13%)
Fracture de la fibula associée	42 (89,36%)
Ostéosynthèse fibula	29 (61,7%)
Embrochage centromédullaire	28 (59,57%)
Plaque latérale	1 (2,13%)

Tableau 3 : Données épidémiologiques de notre série.

### 2.2.2 Technique chirurgicale

Un bilan clinique et radiologique était réalisé en préopératoire, pour confirmer le diagnostic et classer la fracture selon l'AO. Un scanner préopératoire était systématiquement réalisé pour évaluer la surface articulaire et améliorer la stratégie chirurgicale.

L'ensemble des patients inclus ont bénéficié d'une ostéosynthèse par un FEPA type TLHex Trauma™ (Orthofix®, Vérone, IT).

Les objectifs de la chirurgie étaient de restaurer l'axe mécanique du tibia, restaurer la surface articulaire, assurer un montage stable permettant la consolidation et la mobilisation, protéger les parties molles [8].

Le patient était installé en décubitus dorsal, sur table orthopédique après mise en place d'une traction trans-calcaneenne. La jambe opérée était positionnée à l'horizontale avec un contre-appui derrière la cuisse (Figure 28).

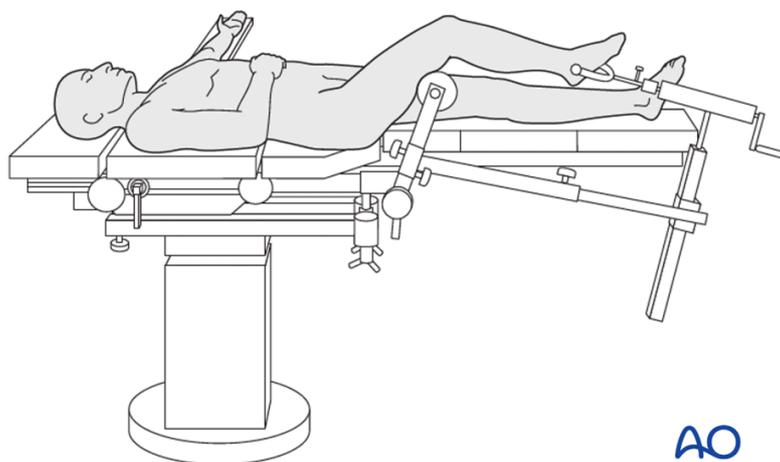


Figure 28 : Schéma de l'installation pour la mise en place du FEPA.  
(selon l'AO)

Nous réalisons ensuite la réduction par manœuvres externes à l'aide de la table orthopédique. L'objectif étant de réduire la fracture avant la mise en place du fixateur externe. Si celle-ci était insuffisante, nous réduisons à l'aide de gestes percutanés (broches à olive, brochage

temporaire, vis canulées ou mise en place d'un davier) [47]. Aucun patient de notre série n'a bénéficié d'une réduction à ciel ouvert (Figure 29).

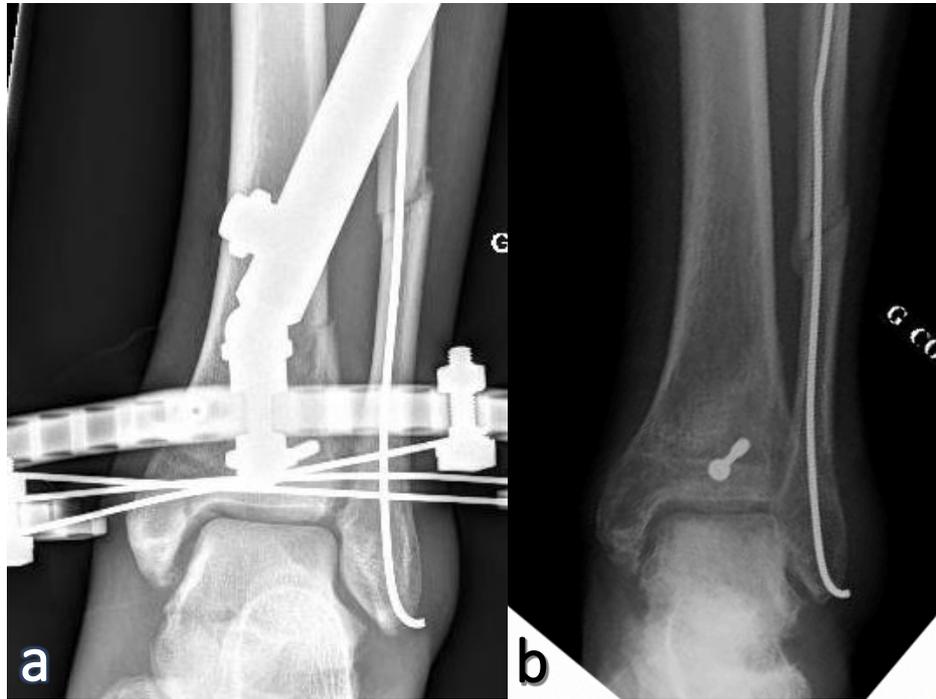


Figure 29 : Radiographie post-opératoire d'un vissage antéro-postérieur associé au FEPA (a) et bonne réduction intra-articulaire sur des radiographies à 12 mois (b).  
(CHU de Bordeaux)

Concernant le montage du fixateur externe, nous utilisons des fiches pour la partie proximale du tibia et des broches (simples ou à olive) pour la partie distale du tibia.

Trois broches, au minimum, étaient utilisées pour la partie distale. Ces broches de 1,8mm étaient introduites de manière percutanée selon les couloirs de sécurité définis par l'atlas de Bianchi-Maiocchi [44]. Le respect de ces couloirs permet de diminuer les complications iatrogènes [48]. L'angle entre les broches épiphysaires était compris entre 30 et 60° pour diminuer les phénomènes de glissement [49] (Figure 30).

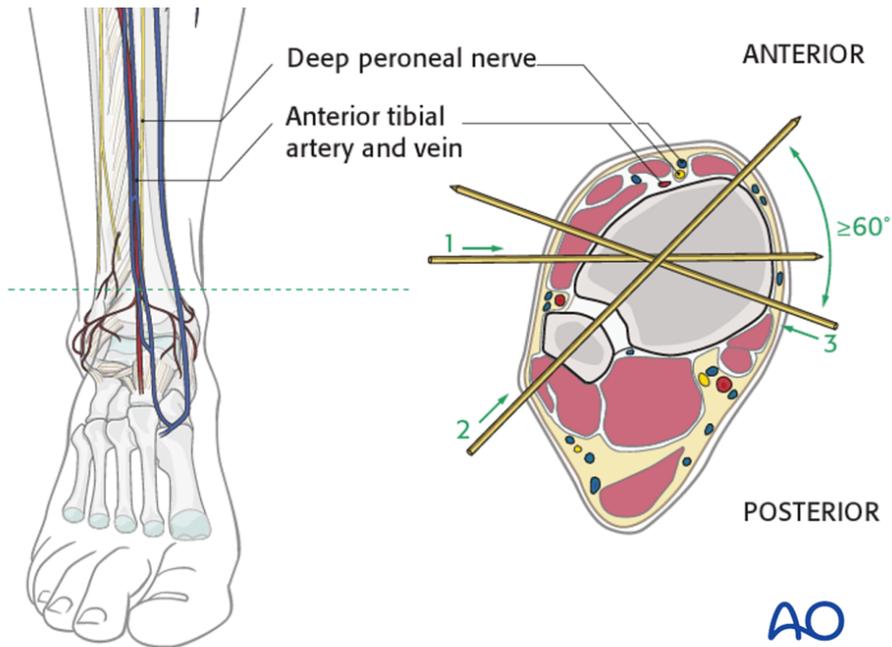


Figure 30 : Schéma de la position des 3 broches distales respectant les couloirs de sécurité. (selon l'AO)

Trois fiches étaient utilisées pour la partie proximale. Une incision centimétrique était réalisée suivie d'un trou à la mèche de 4,8mm pour introduire une fiche de 6mm conique revêtue d'hydroxyapatite, diminuant les phénomènes d'ostéolyse [50] (Figure 31).

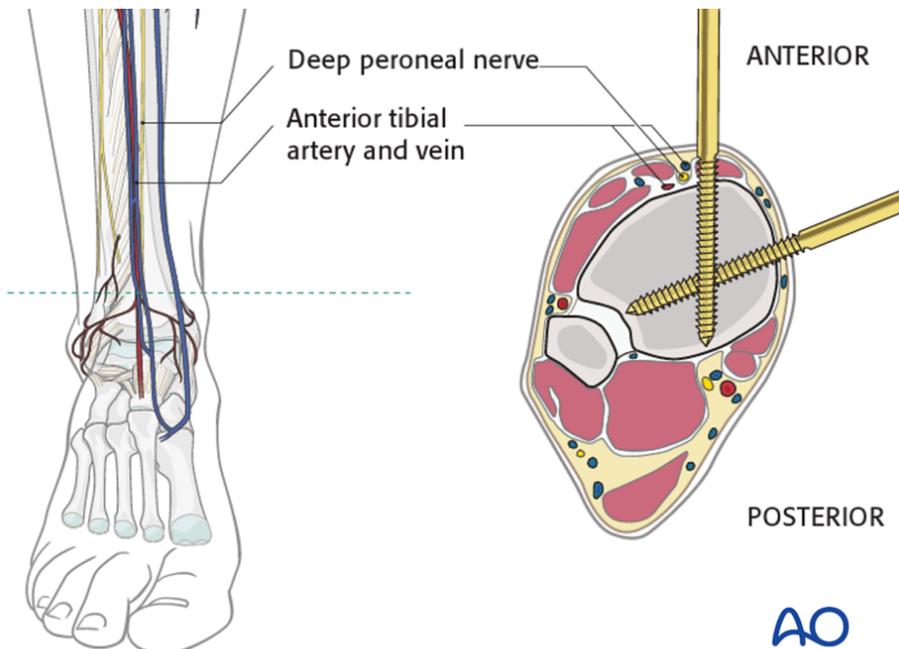


Figure 31 : Schéma de la position des 3 fiches proximales respectant les couloirs de sécurité. (selon l'AO)

Après l'introduction des fiches et des broches, nous réalisons le montage sur deux anneaux, l'objectif étant d'avoir des anneaux parallèles aux interlignes articulaires sus et sous-jacentes. Le choix de l'anneau est important, en effet, plus l'anneau est petit, plus il est résistant et donc stable [51]. Cependant, il faut prévoir une marge de sécurité pour les parties molles, notamment avec l'œdème post-traumatique. Les broches étaient ensuite tendues sur l'anneau distal à l'aide de l'ancillaire, à 130N (Figure 32).

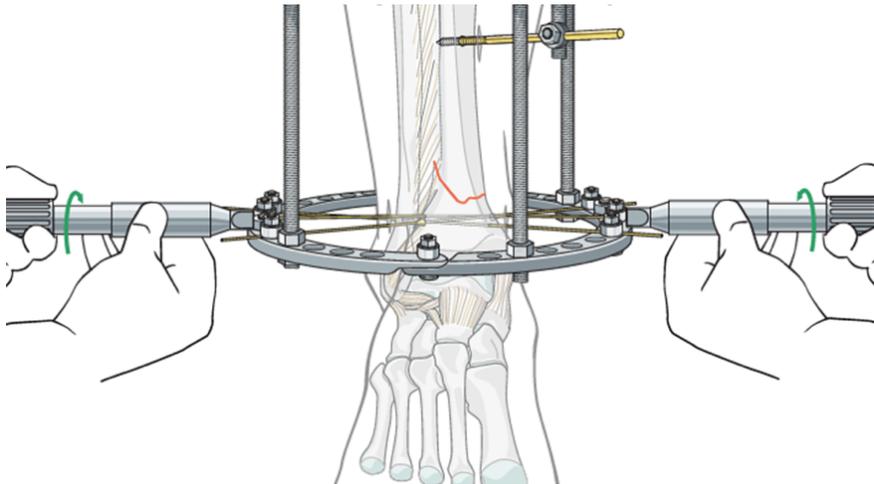


Figure 32 : Schéma de la mise en tension des broches distales à 130N.  
(selon l'AO)

La dernière étape consistait à réunir les deux anneaux à l'aide des vérins connecteurs TL-Hex dits « Struts », au minimum trois, ces derniers assuraient la solidité du montage et permettaient de réaliser les derniers réglages dans les trois plans de l'espace (Figures 32 et 33).



Figure 33 : Photo du montage type sur os sec avec 3 broches distales et 3 fiches proximales.  
(CHU de Bordeaux)

Quarante-deux patients (89,36%) avaient une fracture associée de la fibula dont 29 ostéosynthésées (61,7%), le plus souvent par l'ascension percutanée d'une broche centromédullaire de 20mm dans la fibula, ou d'une plaque afin de redonner la longueur initiale de la jambe opérée.

### 2.2.3 Soins post-opératoires

L'ensemble des patients bénéficiait de soins autour des fiches et des broches, de manière quotidienne, avec du sérum physiologique et des compresses stériles.

L'appui était contre-indiqué dans les 6 semaines post-opératoires, une anticoagulation préventive était associée. La reprise de l'appui s'effectuait de manière progressive avec un appui protégé par des cannes anglaises de la 6<sup>ème</sup> semaine au 3<sup>ème</sup> mois. L'appui complet était autorisé à partir du 3<sup>ème</sup> mois post-opératoire.

La kinésithérapie était débutée immédiatement de manière active et passive pour conserver le maximum d'autonomie et d'amplitudes articulaires, notamment au niveau de la cheville homolatérale.

### 2.2.4 Méthodes d'évaluation

Nos patients ont bénéficié d'un suivi post-opératoire régulier, à 6 semaines, 3 mois, 6 mois et 12 mois postopératoire par l'opérateur et à distance par un évaluateur indépendant. D'autres consultations pouvaient être ajoutées notamment pour complications.

L'évaluation de la consolidation était basée sur 2 critères : la présence d'une corticalisation de d'au moins 3 faces sur 4 sur des radiographies (face-profil) et l'absence de douleur lors de l'appui complet.

Le délai de consolidation correspondait à la période de temps entre la pose du FEPA et la consolidation.

Au dernier recul, nous avons évalué : les mobilités articulaires (avec la raideur définie comme l'absence de dorsiflexion et une flexion plantaire inférieure à 20°), la douleur résiduelle via l'E.V.A (cotée de 0 à 10)), la fonction spécifique par le score AOFAS [52] (Annexe 1), la fonction globale par le score de qualité de vie SF-12 [53] (Annexe 2) et la qualité de la réduction par le score de Burwell-Charnley [54].

Le taux et le délai de reprise du travail et du sport ont été recueillis au dernier recul.

Les complications et leurs traitements (pseudarthrose, infection superficielle, infection profonde, déplacement secondaire, faillite du matériel, raideur et arthrose secondaire) ont été répertoriés à chaque consultation.

#### 2.2.5 Traitement des données et analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel EasyMedStat<sup>®</sup> ([www.easymedstat.com](http://www.easymedstat.com), Neuilly-Sur-Seine, France). Les variables quantitatives ont été présentées sous forme de moyennes, minimums, maximums, écart-types et les variables qualitatives sous forme de fréquences et pourcentages. La comparaison de variables quantitatives appariées s'est faite par Wilcoxon-signed-rank-test. Les comparaisons entre sous-groupes ont été réalisées à l'aide du test-exact de Fisher pour les variables qualitatives et du Mann-Whitney-U-test pour les variables quantitatives continues, afin d'identifier des facteurs influençant l'apparition de complications. Lorsqu'un paramètre comportait moins de 5% de données manquantes, le logiciel d'analyse réalise une imputation par la médiane pour les variables quantitatives, et par le mode pour les variables qualitatives. Lorsqu'il comportait plus de 5% de données manquantes, une imputation par équation de chaîne est réalisée. Une valeur de  $p < 0,05$  était considérée comme statistiquement significative.

### 2.3 Résultats

Trente-trois patients ont consolidé par l'intermédiaire du FEPA, soit un taux de consolidation de 70,21%, avec un délai moyen de consolidation de  $201 \pm 79$  jours (89-369).

On retrouvait une diminution certes significative mais cliniquement modérée de la dorsiflexion et de la flexion plantaire en comparaison au côté sain ( $p=0,0001$ ). Les données relatives aux amplitudes articulaires sont résumées dans le tableau 4.

Type	Moyenne	Min-Max	IC95%	p
Dorsiflexion cheville atteinte	8,8°	-10-20	[7,389-10.192]	
Dorsiflexion cheville saine	16°	10-25	[15,037-17-060]	
Différence	7,2°	-5-20	[5,786-8,730]	0,0001
Flexion plantaire cheville atteinte	32,5°	10-45	[31,009-33,991]	
Flexion plantaire cheville saine	38,3°	30-50	[36,993-39,619]	
Différence	5,8°	-5-25	[4,194-7,419]	0,0001

Tableau 4 : Récapitulatif des mobilités articulaires.

Vingt-sept patients (57,44%) n'avaient plus aucune douleur. Pour les 20 autres patients (42,55%), la douleur chronique résiduelle était en moyenne à 2,9 points (1-6).

L'évaluation fonctionnelle via le score AOFAS était en moyenne de 74 points (51-95).

Le score de qualité de vie SF-12 était en moyenne de 51,75 points (44-62) pour le score mental et 56,29 points (43-60) pour le score physique.

La réduction articulaire était anatomique pour 31 patients (65,96%), satisfaisante pour 14 patients (29,79%) et mauvaise pour 2 patients (4,25%).

Sur 33 patients actifs (70,21%), le taux de reprise des activités professionnelles était de 69,69% (23/33) avec un délai moyen de 10,93 mois (6-36). Un changement de profession a dû être effectué pour 13 patients soit 56,52%.

Sur 37 patients sportifs, le taux de reprise des activités sportives était de 35,13% (13/37) avec un délai moyen de 11,35 mois (6-24).

Vingt patients ont présenté  $\geq 1$  complication (42,55%)(Tableau 5).

Types	Nombres
Pseudarthroses aseptiques	9 (19,15%)
Pseudarthroses septiques	5 (10,65%)
Infections sur broches	15 (31,91%)
Ablation anticipée de broches	3 (6,38%)
Déplacement secondaire	1 (2,13%)
Nécrose cutanée	0 (0%)
Raideurs	6 (12,76%)
Arthrose secondaire	5 (10,64%)

Tableau 5 : Complications retrouvées dans notre série.

La totalité des 14 patients en état de pseudarthrose ont bénéficié d'une reprise chirurgicale (100%). Treize patients (92,86%) ont consolidé après cette seconde intervention avec un délai moyen de  $362 \pm 112$  jours (158-513) depuis le traumatisme (Tableau 6). Un patient n'était pas consolidé au dernier recul, il avait bénéficié d'une cure de pseudarthrose aseptique avec débridement associé à la mise en place d'une plaque.

Type de pseudarthrose	Prise en charge
Aseptique : 9 (19,15%)	Fixateurs externes : 1 (1FO)(2,13%) Clous : 2 (1FO,1FF)(4,26%) Plaques : 6 (3FO,3FF)(12,76%)
Septique : 5 (10,65%)	Fixateurs externes : 1 (1FO)(2,13%) Plaques : 4 (4FO)(8,51%)

Tableau 6 : Prise en charge des pseudarthroses

Quinze infections de broches (31,91%) ont nécessité des soins locaux associés à une antibiothérapie orale. Trois ablations de broches (6,38%) ont été réalisées de manière anticipée sans ablation du FEPA.

Le déplacement secondaire (2,13%) a justifié d'une réduction sous anesthésie générale sans modification du montage.

Aucune nécrose cutanée n'a été signalée (0%).

Six raideurs (12,76%) et cinq arthroses secondaires (10,64%) étaient présentes au dernier recul.

Le seul facteur de risque de non consolidation statistiquement significatif était le tabac, avec un OR à 6,41 [1,49-25] avec p=0,01136 (Tableau 7).

	Groupe consolidé (= 33)	Groupe non consolidé (n = 14)	p
Age	50,03 (22-93)	44,36 (24-68)	0,2642
Sexe féminin	66,7%	57,1%	0,5344
IMC	26,23 (15-34,6)	24,19 (18,44-31,48)	0,1964
<b>Tabac</b>	<b>36,4%</b>	<b>78,6%</b>	<b>0,01136</b>
Ouverture cutanée	42,4%	64,3%	0,21238
Ostéosynthèse pilon	21,2%	35,7%	0,46535
Ostéosynthèse ME	67,9	50	0,2612

Tableau 7 : Comparaison en sous-groupe sur le critère de la consolidation.

Chez les non-fumeurs, le taux de consolidation était de 87,5% (21/24) avec un délai de 187 jours ± 65 (89-313) (Tableau 8).

	Consolidation	Pas de consolidation	Total
Tabac	12 (25,5%)	11 (23,4%)	23 (48,9%)
Pas de Tabac	21 (44,7%)	3 (6,4%)	24 (51,1%)
Total	33 (70,2%)	14 (29,8%)	47
Odds-Ratio (IC95%)/p	6,41 [1,49-25]		p = 0,01136

Tableau 8 : Analyse de l'influence du tabac sur la consolidation.

Le taux de consolidation était de 79,2% (19/24) dans le groupe fracture fermée contre 60,9% (14/23) dans le groupe fracture ouverte avec une différence non statistiquement significative, p=0,21238 (Tableau 9)

	Consolidation	Pas de consolidation	Total
Fracture ouverte	14 (29,8%)	9 (19,1%)	23 (48,9%)
Fracture fermée	19 (40,4%)	5 (10,6%)	24 (51,1%)
Total	33 (70,2%)	14 (29,8%)	47
Odds-Ratio (IC95%)/p	2,45 [0,67-9,09]		p = 0,21238

Tableau 9 : Analyse de l'influence de l'ouverture cutanée sur la consolidation.

## 2.4 Discussion

Les possibilités thérapeutiques pour la prise en charge des fractures du pilon tibial sont multiples, sans qu'aucune n'ait émergé comme technique de référence [55]. Parmi ces différentes techniques, nous rapportons la première série, dans la littérature, de fractures du pilon tibial traitées avec le FEPA type TL-HEX Trauma™. Avec 70,21%, notre série retrouve un taux de consolidation inférieur aux autres séries de la littérature.

La prise en charge des fractures du pilon tibial repose sur deux objectifs majeurs. Le premier est l'obtention de la consolidation, ou à l'inverse la diminution du taux de pseudarthrose, qui est le principal paramètre étudié dans les travaux rapportés dans la littérature. Ceux-ci sont très hétérogènes, les résultats des séries d'ostéosynthèse par plaque variant entre 3,7% et 16,1% [27,36,56,57] contre 2% à 15% pour les séries rapportant une prise en charge par fixateur externe pontant la cheville [58], 0% à 16,22% pour les FEPA type hybride [59,60] et 3,2% à 25,53% pour les FEPA type Ilizarov [47,61]. Le second est l'éviction des complications, notamment cutanées.

La revue de la littérature de Papadokostakis et al [58], ne rapporte pas d'augmentation du taux de pseudarthrose pour les techniques libérant la cheville au moyen des FEPA hybrides (5,2% sur 230 fractures) par rapport aux techniques avec fixateur externe pontant la cheville (6,9% sur 131 fractures). Ces bons résultats avec FEPA type hybride se confirment dans la série rapporté par Galante et al. [13] avec 3,7% de retards ou non consolidation sur 162 patients (DCM 125 jours), celle de Scaglione et al [14] avec 5,3% de non consolidation sur 75 patients (DCM 120 jours) et celle de Babis et al [36] avec 10,4% de non consolidation sur 48 patients. Ristiniemi et al. [24] rapportaient l'utilisation d'un FEPA Ilizarov sur 47 patients avec un taux de consolidation à 74,47% pour un délai de 133 jours, tandis que Leung et al. [14] sur 31 patients avaient un excellent taux de consolidation à 96,8% pour un délai de 97,3 jours. (Tableau 10).

Néanmoins, plusieurs caractéristiques des fractures traitées dans notre série peuvent expliquer notre taux de pseudarthrose (29,79%) plus important. En premier lieu, notre proportion de fractures ouvertes (48,94%) était nettement plus élevée que celles des séries de Galante (24%), Scaglione (14,6%), Babis (16,7%), Ristiniemi (21,28%), Leung (19,3%) et de Papadokostakis

(31,3%) ; même si dans notre série, le caractère ouvert de la fracture n'était pas retrouvée comme un facteur de risque significatif de pseudarthrose malgré la différence constatée.

De même, l'origine des fractures de notre série était liée à des accidents à haute cinétique dans 100% des cas contre 72% pour la série de Scaglione.

La consommation tabagique de nos patients, rapportée comme élément défavorisant la consolidation [25,26], était également importante (48,94%). Ainsi, Pearson et al [27] a montré dans une méta-analyse que le tabac augmentait le taux de non consolidation, avec un risque relatif à 2,2, et allonger le délai de consolidation de 27,7 jours. Ce paramètre n'est pas étudié dans les autres séries.

Les autres points de divergence pourraient porter sur la prise en charge. En ce sens, la remise en charge précoce pourrait améliorer le taux de consolidation et diminuer les délais de consolidation, si l'on se compare à Galante qui autorisait un appui complet après 50 jours contre une reprise de l'appui à 90 jours dans notre série.

Enfin, l'utilisation du TL-HEX et ses propriétés biomécaniques influencent possiblement la consolidation [28,29]. Sa rigidité s'approcherait de celle des FEPA type Ilizarov, comme en témoigne les résultats de la série de Ristiniemi et al. [61] proche des nôtres. En ce sens, une étude biomécanique comparant les FEPA hybrides et TL-HEX serait intéressante.

Auteurs	Année	Matériel	N	Taux de fracture ouverte	Taux de conso	Délai de conso (jours)	Taux de conso sur
Barbieri [60]	1996	Hybride <sup>2</sup>	37	30%	83,78%	120 (81-180)	1
Griffiths [67]	1996	Hybride <sup>2</sup>	16	31%	87,5%	109 (63-196)	6
Koulouvaris [59]	2007	Hybride <sup>1</sup>	22	31,8%	100%	168 (120-270)	9
Papadokostakis [58]	2008	Hybride <sup>1</sup>	230	31,3%	93,13%	129 (81-267)	3
Babis [36]	2010	Hybride <sup>1</sup>	48	16,7%	89,6%	108 (90-180)	1
Abd-Almageed [68]	2015	Hybride <sup>1</sup>	30	30%	100%	132 (112-168)	3
Galante [13]	2016	Hybride <sup>1</sup>	162	24%	96,29%	125 (95-143)	
Scaglione [69]	2018	Hybride <sup>1</sup>	75	14,6%	94,67%	120 (90-150)	3
McDonald [70]	1996	Ilizarov	13	23,1%	84,6%	112	6
Leung [47]	2004	Ilizarov	31	19,3%	96,8%	97,3	2
Ristiniemi [61]	2007	Ilizarov	47	21,28%	74,47%	133 (112-154)	3
<b>Notre série</b>	<b>2020</b>	<b>TL-HEX</b>	<b>47</b>	<b>48,94%</b>	<b>70,21%</b>	<b>201 (89-369)</b>	<b>3</b>

Tableau 10 : Comparaison avec la littérature sur la consolidation et les principales comp

De-Las-Heras-Romero et al [71] retrouvait un taux de 17% de patients avec des douleurs chroniques résiduelles, Pollak et al [6] avait un taux à 33%, ce qui est inférieur à notre taux de 42,55%.

L'impact sur la qualité de vie des patients est important, De-Las-Heras-Romero et al [71] ont montré que le score SF-36 sur 47 patients était significativement inférieur en comparaison à une population saine du même âge, score physique à 54,8 points et score mental à 63,3 points en moyenne. L'un des facteurs significatif sur le score SF-36 était le type de traitement, l'ostéosynthèse à foyer ouvert donnait un score SF-36 physique meilleur que la fixation externe. La série de Boraiah et al [72] avait un score physique du SF-36 à 40,3 points, également inférieur. Notre série retrouve également une nette diminution de la qualité de vie après fracture du pilon tibial via le score SF-12.

La qualité de la réduction articulaire est un élément clé pour limiter la survenue d'arthrose à long terme, Silluzio et al [73] ont montré que l'utilisation du FEPA était efficace, notamment dans les fractures complexes, avec 86% de bonne réduction selon le score de Burwell-Charnley, ce qui est en accord avec notre taux de 95,75%.

Peu d'études se sont intéressées au taux de reprise du travail et du sport, Viberg et al [74] retrouvaient un taux de reprise du travail à 60%, ce qui semble similaire à notre taux de 69,69%. Pollak et al [6] avaient, sur 65 patients actifs, 57% de reprise du travail à 3,2 ans.

Concernant les infections sur broches, Papadokostakis retrouvait 37% d'infections mineures (dont 96% d'infections sur broches) et 2,7% d'infections majeures dans le groupe FEPA. Galante rapportait un taux de 26% et Scaglione de 30,6%, concordant avec notre taux de 31,91% (Tableau 10).

L'étude prospective randomisée de Wyrsh et al. [6] sur 38 patients retrouvaient un taux de consolidation similaire dans les deux groupes mais avec 33% de troubles cutanées dans le groupe ORIF contre 5% dans le groupe FEPA, en accord avec nos résultats sur l'innocuité du FEPA concernant les complications cutanées.

D'un point de vue économique, l'utilisation d'une plaque seule reste moins chère qu'un fixateur externe péri-articulaire, de 700 à 1000 euros contre 4500 euros en moyenne. En revanche, si la stratégie thérapeutique nécessite un protocole de chirurgie en deux temps avec des temps d'hospitalisation plus longs alors le cout peut s'équilibrer.

Les limites de cette étude sont son caractère rétrospectif et sans groupe contrôle, cependant c'est le cas de nombreuses études rapportées dans la littérature. En revanche, il s'agit d'une série avec une population homogène de patients présentant une atteinte sévère du pilon tibial et une même technique chirurgicale. Notre population présentait un traumatisme plus grave du pilon (fractures ouvertes, traumatismes à haute énergie) expliquant que nos résultats soient inférieurs à la littérature. Il s'agit de la première étude clinique avec ce type de matériel. Une étude comparative entre FEPA hybride et TL-HEX Trauma serait intéressante.

## **2.5 Conclusion**

L'utilisation du FEPA dans les traumatismes du pilon tibial est une alternative thérapeutique fiable pour éviter les complications cutanées graves. Cependant elle reste associée à un taux consolidation plus faible et un délai de consolidation plus long probablement en rapport avec la sévérité de nos fractures. Notre série est la première à rapporter les résultats du fixateur externe TL-HEX Trauma.

## CONFLITS D'INTERETS

---

### Financement

Aucun.

### Conflit d'intérêt en lien avec l'étude.

Aucun.

## REFERENCES

---

1. Heim U, Näser M. Fractures of the lower tibia. Results of 128 osteosynthesis. *Rev Chir Orthop.* 1977;63:5-12.
2. Court-Brown CM, Rimmer S, Prakash U, McQueen MM. The epidemiology of open long bone fractures. *Injury.* 1998;29:529-34.
3. Topliss CJ, Jackson M, Atkins RM. Anatomy of pilon fractures of the distal tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:692-7.
4. Copin G, Nerot C. Les fractures du pilon tibial de l'adulte. *Rev Chir Orthop.* 1992;33-83.
5. Aubry P, Fieve G. Bone and skin vascularization of the lower 4th of the leg. *Rev Chir Orthop.* 1984;70:589-97.
6. Pollak AN, McCarthy ML, Bess RS, Agel J, Swiontkowski MF. Outcomes after treatment of high-energy tibial plafond fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1893-900.
7. Rüedi T, Matter P, Allgöwer M. Intra-articular fractures of the distal tibial end. *Helv Chir Acta.* 1968;35:556-82.
8. Rüedi TP, Allgöwer M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;138:105-10.
9. McFerran MA, Smith SW, Boulas HJ, Schwartz HS. Complications encountered in the treatment of pilon fractures. *J Orthop Trauma.* 1992;6:195-200.
10. Bone L, Stegemann P, McNamara K, Seibel R. External fixation of severely comminuted and open tibial pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;292:101-7.
11. Dujardin F, Abdulmutalib H, Tobenas AC. Total fractures of the tibial pilon. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014;100:65-74.
12. Meena UK, Bansal MC, Behera P, Upadhyay R, Gothwal GC. Evaluation of functional outcome of pilon fractures managed with limited internal fixation and external fixation: A prospective clinical study. *J Clin Orthop Trauma.* 2017;8:16-20.
13. Galante VN, Vicenti G, Corina G, Mori C, Abate A, Picca G, et al. Hybrid external fixation in the treatment of tibial pilon fractures: A retrospective analysis of 162 fractures. *Injury.* 2016;47:131-7.
14. Scaglione M, Celli F, Casella F, Fabbri L. Tibial pilon fractures treated with hybrid external fixator: analysis of 75 cases. *Musculoskelet Surg.* 2019;103:83–89.
15. Mauffrey C, Vasario G, Battiston B, Lewis C, Beazley J, Seligson D. Tibial pilon fractures:

a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications. *Acta Orthop Belg.* 2011;77:432-40.

16. Abrahams P, Spratt JD, Loukas M, Van Schoor A-N. Atlas clinique d'anatomie humaine de McMinn et Abrahams: imagerie clinique et de dissection. Issy-les-Moulineaux, France. Elsevier Masson. 2014.

17. Netter FH. Atlas d'anatomie humaine. 7e édition. Issy-les-Moulineaux, France. Elsevier Masson. 2019.

18. Plaweski S, Huboud-Peron A, Faure C, Merloz P. Fractures du pilon tibial. *Encycl Méd Chir Appareil locomoteur.* Elsevier Masson. 1999.

19. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. Springer Science & Business Media; 2012.

20. Qiu X-S, Li X-G, Qi X-Y, Wang Z, Chen Y-X. What Is the Most Reliable Classification System to Assess Tibial Pilon Fractures? *J Foot Ankle Surg.* févr 2020;59:48-52.

21. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma.* 1984;24:742-6.

22. Oestern H-J, Tschernke H. Pathophysiology and Classification of Soft Tissue Injuries Associated with Fractures. *Fractures with Soft Tissue Injuries.* Berlin, Germany. Springer; 1984.

23. Dujardin C, Goldzak M, Simon P. Fractures du pilon tibial. *Encycl Méd Chir Appareil locomoteur.* Elsevier Masson. 2009.

24. Teeny SM, Wiss DA. Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;292:108-17.

25. Wyrsh B, McFerran MA, McAndrew M, Limbird TJ, Harper MC, Johnson KD, et al. Operative treatment of fractures of the tibial plafond. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1646-57.

26. Deivaraju C, Vlasak R, Sadasivan K. Staged treatment of pilon fractures. *Journal of Orthopaedics.* 2015;12:S1-6.

27. Carbonell-Escobar R, Rubio-Suarez JC, Ibarzabal-Gil A, Rodriguez-Merchan EC. Analysis of the variables affecting outcome in fractures of the tibial pilon treated by open reduction and internal fixation. *J Clin Orthop Trauma.* 2017;8:332-8.

28. Assal M, Ray A, Stern R. Strategies for surgical approaches in open reduction internal fixation of pilon fractures. *J Orthop Trauma.* 2015;29:69-79.

29. Muller ME. Manual of internal fixation. Techniques recommended by the AO group. AO Surgery. Berlin, Germany. Springer; 1990.
30. Vicenti G, Bizzoca D, Nappi VS, Carrozzo M, Delmedico M, Solarino G, et al. The impact of lag screw in the healing time of distal tibia fractures treated with minimally invasive plate osteosynthesis: A randomized clinical trial. *Injury*. 2020;1383:30117-0
31. Vidović D, Matejčić A, Ivica M, Jurišić D, Elabjer E, Bakota B. Minimally-invasive plate osteosynthesis in distal tibial fractures: Results and complications. *Injury*. 2015;46:S96-99.
32. Biz C, Angelini A, Zamperetti M, Marzotto F, Sperotto SP, Carniel D, et al. Medium-Long-Term Radiographic and Clinical Outcomes after Surgical Treatment of Intra-Articular Tibial Pilon Fractures by Three Different Techniques. *Biomed Res Int*. 2018;2018:6054021.
33. Babis GC, Vayanos ED, Papaioannou N, Pantazopoulos T. Results of surgical treatment of tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;341:99-105.
34. Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S. Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma*. 2001;15:153-60.
35. Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*. 1988;48:1-11.
36. Babis GC, Kontovazenitis P, Evangelopoulos DS, Tsailas P, Nikolopoulos K, Soucacos PN. Distal tibial fractures treated with hybrid external fixation. *Injury*. mars 2010;41:253-8.
37. Fan C-Y, Chiang C-C, Chuang T-Y, Chiu F-Y, Chen T-H. Interlocking nails for displaced metaphyseal fractures of the distal tibia. *Injury*. 2005;36:669-74.
38. Gorczyca JT, McKale J, Pugh K, Pienkowski D. Modified tibial nails for treating distal tibia fractures. *J Orthop Trauma*. 2002;16:18-22.
39. Krettek C, Stephan C, Schandelmaier P, Richter M, Pape HC, Miclau T. The use of Poller screws as blocking screws in stabilising tibial fractures treated with small diameter intramedullary nails. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81:963-8.
40. Casstevens C, Le T, Archdeacon MT, Wyrick JD. Management of extra-articular fractures of the distal tibia: intramedullary nailing versus plate fixation. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20:675-83.
41. Joveniaux P, Ohl X, Harisboure A, Berrichi A, Labatut L, Simon P, et al. Distal tibia fractures: management and complications of 101 cases. *International Orthopaedics*. 2010;34:583.
42. Volgas D, DeVries JG, Stannard JP. Short-term financial outcomes of pilon fractures. *J*

Foot Ankle Surg. 2010;49:47-51.

43. Kottmeier SA, Madison RD, Divaris N. Pilon Fracture: Preventing Complications. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26:640-51.

44. Bianchi Maiocchi A. Atlas for the insertion of transosseous wire and half pins. Ilizarov method. *Medi surgical.* 2007.

45. Wang D, Xiang J-P, Chen X-H, Zhu Q-T. A Meta-Analysis for Postoperative Complications in Tibial Plafond Fracture: Open Reduction and Internal Fixation Versus Limited Internal Fixation Combined With External Fixator. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54:646-51.

46. Muller ME, Nazarian S, Koch P. Classification AO des fractures. Berlin, Allemagne. Springer-Verlag. 1987.

47. Leung F, Kwok HY, Pun TS, Chow SP. Limited open reduction and Ilizarov external fixation in the treatment of distal tibial fractures. *Injury.* 2004;35:278-83.

48. Vives MJ, Abidi NA, Ishikawa SN, Taliwal RV, Sharkey PF. Soft tissue injuries with the use of safe corridors for transfixion wire placement during external fixation of distal tibia fractures: an anatomic study. *J Orthop Trauma.* 2001;15:555-9.

49. Roberts CS, Antoci V, Antoci V, Voor MJ. The effect of transfixion wire crossing angle on the stiffness of fine wire external fixation: a biomechanical study. *Injury.* 2005;36:1107-12.

50. Moroni A, Orienti L, Stea S, Visentin M. Improvement of the bone-pin interface with hydroxyapatite coating: an in vivo long-term experimental study. *J Orthop Trauma.* 1996;10:236-42.

51. Sarpel Y, Gulsen M, Togrul E, Capa M, Herdem M. Comparison of mechanical performance among different frame configurations of the Ilizarov external fixator: experimental study. *J Trauma.* 2005;58:546-52.

52. Goldstein CL, Schemitsch E, Bhandari M, Mathew G, Petrisor BA. Comparison of different outcome instruments following foot and ankle trauma. *Foot Ankle Int.* 2010;31:1075-80.

53. Shazadeh Safavi P, Janney C, Jupiter D, Kunzler D, Bui R, Panchbhavi VK. A Systematic Review of the Outcome Evaluation Tools for the Foot and Ankle. *Foot Ankle Spec.* 2019;12:461-70.

54. Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. *J Bone Joint Surg Br.* 1965;47:634-60.

55. Tarkin IS, Clare MP, Marcantonio A, Pape HC. An update on the management of high-

energy pilon fractures. *Injury*. 2008;39:142-54.

56. Richards JE, Magill M, Tressler MA, Shuler FD, Kregor PJ, Obremskey WT, et al. External fixation versus ORIF for distal intra-articular tibia fractures. *Orthopedics*. 2012;35:862-867.

57. Rubio-Suarez JC, Carbonell-Escobar R, Rodriguez-Merchan EC, Ibarzabal-Gil A, Gil-Garay E. Fractures of the tibial pilon treated by open reduction and internal fixation (locking compression plate-less invasive stabilising system): Complications and sequelae. *Injury*. 2018;49:S60-4.

58. Papadokostakis G, Kontakis G, Giannoudis P, Hadjipavlou A. External fixation devices in the treatment of fractures of the tibial plafond: a systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90:1-6.

59. Koulouvaris P, Stafylas K, Mitsionis G, Vekris M, Mavrodontidis A, Xenakis T. Long-term results of various therapy concepts in severe pilon fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007;127:313-20.

60. Barbieri R, Schenk R, Koval K, Aurori K, Aurori B. Hybrid external fixation in the treatment of tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;332:16-22.

61. Ristiniemi J, Flinkkilä T, Hyvönen P, Lakovaara M, Pakarinen H, Biancari F, et al. Two-ring hybrid external fixation of distal tibial fractures: a review of 47 cases. *J Trauma*. 2007;62:174-83.

62. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Marsh JL, Tilp S, Schnettler R, et al. Delayed union and nonunions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. *Injury*. 2014;45:S3-7.

63. Pierre S, Rivera C, Le Maître B, Ruppert A-M, Bouaziz H, Wirth N, et al. Guidelines on smoking management during the perioperative period. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2017;36:195-200.

64. Pearson RG, Clement RGE, Edwards KL, Scammell BE. Do smokers have greater risk of delayed and non-union after fracture, osteotomy and arthrodesis? A systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*. 2016;6:11.

65. Voor M, Antoci V, Kam B, Roberts C. Hybrid external fixation of proximal tibia fractures: biomechanical analysis of four commercial systems. *Orthopedics*. 2007;30:1033-8.

66. Yilmaz E, Belhan O, Karakurt L, Arslan N, Serin E. Mechanical performance of hybrid Ilizarov external fixator in comparison with Ilizarov circular external fixator. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003;18:518-22.

67. Griffiths GP, Thordarson DB. Tibial plafond fractures: limited internal fixation and a

hybrid external fixator. *Foot Ankle Int.* 1996;17:444-8.

68. Abd-Almageed E, Marwan Y, Esmaeel A, Mallur A, El-Alfy B. Hybrid External Fixation for Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) 43-C Tibial Plafond Fractures. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54:1031-6.

69. Scaglione M, Celli F, Casella F, Fabbri L. Tibial pilon fractures treated with hybrid external fixator: analysis of 75 cases. *Musculoskelet Surg.* 2019;103:83–89.

70. McDonald MG, Burgess RC, Bolano LE, Nicholls PJ. Ilizarov treatment of pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;325:232-8.

71. De-las-Heras-Romero J, Lledo-Alvarez AM, Lizaur-Utrilla A, Lopez-Prats FA. Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fracture. *Injury.* 2017;48:1258-63.

72. Boraiah S, Kemp TJ, Erwtaman A, Lucas PA, Asprinio DE. Outcome following open reduction and internal fixation of open pilon fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:346-52.

73. Silluzio N, Santis VD, Marzetti E, Piccioli A, Rosa MA, Maccauro G. Clinical and radiographic outcomes in patients operated for complex open tibial pilon fractures. *Injury.* 2019;50:S24-8.

74. Viberg B, Kleven S, Hamborg-Petersen E, Skov O. Complications and functional outcome after fixation of distal tibia fractures with locking plate - A multicentre study. *Injury.* 2016;47:1514-8.

## ANNEXES

---

- Annexe 1 : Score fonctionnel de cheville AOFAS.

<i>Evaluation cheville</i>		<i>..... /100 points</i>
<b>DOULEUR (40 points)</b>		<b>...../ 40 points</b>
Aucune		40
Moyenne, occasionnelle		30
Modérée, quotidienne		20
Sévère, constante		0
<b>FONCTION (50 points)</b>		<b>...../ 50 points</b>
Limitation de l'activité		
- Pas de limitation, pas d'aide		10
- Pas de limitation des activités quotidiennes par contre limitation sportive, pas d'aide		7
- Limitation quotidienne, 1 canne		4
- Limitation sévère, cannes, fauteuil, platre		0
Distance, périmètre de marche		
1km		5
400 à 600 mètres		4
200 à 400 mètres		2
moins de 200 mètres		0
Etat de la surface		
Tout type de terrain		5
Difficulté sur terrain incliné ou escalier		3
Difficulté sévère sur tout terrain		0
Analyse de la marche		
Normale		8
Trouble modéré		4
Boiterie franche		0
Mobilité en flexion et extension		
Normale ou > 30°		8
15 à 30°		4
Moins de 15°		0
Mobilité arrière pied (inversion et éversion)		
75 à 100% de la normale		6
27 à 75 % (modérée)		3
< 25 % enraidie		0
Stabilité de la cheville		
Stable		8
Instable		0

- Annexe 2 : Score de qualité de vie SF-12.

## SF-12

**Nom :**  
**Prénom :**  
**Date :**

Comment répondre ? Les questions qui suivent portent sur votre santé, telle que vous la ressentez. Ces informations nous permettront de mieux savoir comment vous vous sentez dans votre vie de tous les jours. Veuillez répondre à toutes les questions en cochant la case correspondant à la réponse choisie. Si vous ne savez pas très bien comment répondre, choisissez la réponse la plus proche de votre situation.

**1 - Dans l'ensemble, pensez-vous que votre santé est :**

- Excellente
- Très bonne
- Bonne
- Médiocre
- Mauvaise

**2 - Voici une liste d'activités que vous pouvez avoir à faire tous les jours. Pour chacune d'entre elles, indiquez si vous êtes limité(e) en raison de votre état de santé actuel.**

*a - Efforts physiques modérés tels que déplacer une table, passer l'aspirateur, jouer aux boules*

- Oui, beaucoup limité(e)
- Oui, un peu limité(e)
- Non, pas du tout limité(e)

*b - Monter plusieurs étages par l'escalier*

- Oui, beaucoup limité(e)
- Oui, un peu limité(e)
- Non, pas du tout limité(e)

**3 - Au cours de ces 4 dernières semaines, et en raison de votre état physique, avez-vous eu les problèmes suivants?**

*a - Accompli moins de choses que vous auriez souhaité*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

*b - Dû arrêter de faire certaines choses*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

**4 - Au cours de ces 4 dernières semaines et en raison de votre état émotionnel (comme vous sentir triste, nerveux(se) ou déprimé(e))**

*a - Accompli moins de choses que vous auriez souhaité*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

*b - Avez-vous eu des difficultés à faire ce que vous aviez à faire avec autant de soin et d'attention que d'habitude ?*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

**5 - Au cours de ces 4 dernières semaines, dans quelle mesure vos douleurs physiques vous ont-elles limité dans votre travail ou vos activités domestiques ?**

- Pas du tout
- Un petit peu
- Moyennement
- Beaucoup
- Enormément

**6 - Les trois questions qui suivent portent sur comment vous vous êtes senti(e) au cours des ces 4 dernières semaines. Pour chaque question, veuillez indiquer la réponse qui vous semble la plus appropriée. Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où :**

*a - Vous vous êtes senti(e) calme et détendu(e)?*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

*b - Vous vous êtes senti(e) débordant(e) d'énergie?*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

*c - Vous êtes-vous senti(e) abattu(e) et triste ?*

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

**7 - Au cours de ces 4 dernières semaines, y a-t-il eu des moments où votre état de santé physique ou émotionnel vous a gêné dans votre vie sociale et vos relations avec les autres, votre famille, vos amis, vos connaissances?**

- Tout le temps
- La plupart du temps
- Quelquefois
- Peu souvent
- Jamais

# SERMENT D'HIPPOCRATE

---

« Au moment d'être admis à exercer la Médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission.

Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque. »