

# Table des matières

<b>Liste des illustrations</b> .....	11
<b>Liste des tableaux</b> .....	13
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>I.A. LE CLOU VERROUILLE EN TITANE</b> .....	<b>19</b>
1. Caractéristiques du titane .....	19
a. Composition chimique et propriétés mécaniques .....	19
b. Propriétés électrochimiques .....	20
c. Traitement de surface et biocompatibilité .....	20
d. Tests <i>in vitro</i> et tests <i>in vivo</i> .....	21
2. Clou verrouillé et ancillaire de pose .....	21
a. Le clou verrouillé .....	22
b. Ancillaire et technique de pose .....	24
c. Caractéristiques des clous verrouillés en titane .....	26
d. Avantages du clou en titane .....	27
<b>I.B. LES FRACTURES DISTALES DU FEMUR CHEZ LE CHAT</b> .....	<b>29</b>
1. Caractéristiques du fémur de chat .....	29
a. Rappels anatomiques .....	29
b. Etude morphométrique .....	30
2. Caractéristiques des fractures fémorales distales du chat .....	31
a. Répartition des fractures chez le chat .....	31
b. Localisation et types de fractures fémorales .....	32
c. Classification des fractures fémorales distales .....	33
<b>I.C. TRAITEMENT DES FRACTURES FEMORALES DISTALES DU CHAT</b> .....	<b>35</b>
1. Techniques de traitement des fractures fémorales distales .....	35
a. Le brochage en croix .....	35
b. Le brochage de Rush .....	36
c. La pose de plaque vissée .....	37

d. L'enclouage centro-médullaire non verrouillé .....	39
e. L'enclouage centro-médullaire verrouillé .....	39
2. Résultats de l'enclouage centro-médullaire verrouillé direct par voie transarticulaire chez l'Homme .....	42
<b>II.A. MATERIEL .....</b>	<b>47</b>
1. Population d'étude.....	47
2. Matériel chirurgical .....	49
a. Matériel ancillaire.....	49
b. Clou en titane de 3,5 mm de diamètre et verrouillage .....	49
<b>II.B. METHODE .....</b>	<b>51</b>
1. Intervention chirurgicale .....	51
a. Anesthésie.....	51
b. Abord du foyer .....	51
c. Enclouage .....	51
d. Techniques associées.....	54
2. Suivi des animaux .....	54
a. Evaluation fonctionnelle.....	55
b. Evaluation radiographique et cicatrisation osseuse.....	56
<b>II.C. RESULTATS .....</b>	<b>60</b>
1. Mise en place de l'implant .....	60
2. Types de fractures .....	62
3. Récupération fonctionnelle .....	63
4. Appréciation radiographique de la cicatrisation osseuse .....	65
a. Contrôle à un mois.....	65
b. Contrôle à quatre mois .....	66
c. Contrôle à sept mois .....	67
d. Synthèse .....	68
<b>III.A. JUSTIFICATION DU CHOIX DU PROTOCOLE .....</b>	<b>73</b>
<b>III.B. ANALYSE DES RESULTATS .....</b>	<b>75</b>
1. Morphométrie.....	75
a. Animaux de moins de six mois .....	75

b. Animaux de six mois et plus .....	75
2. Fractures .....	76
a. Type de fracture.....	76
b. Localisation du foyer de fracture par rapport au dessin du clou .....	76
3. Enclouage .....	76
a. Technique de pose .....	76
b. Difficultés rencontrées .....	77
c. Résultats obtenus .....	78
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>83</b>



## Liste des illustrations

Figure 1 : Clou centro-médullaire verrouillé.....	23
Figure 2 : Détail de la zone de rupture. ....	23
Figure 3 : Système d'ancillaire.....	24
Figure 4 : Matériel de verrouillage : guide de forage et guides vis.....	25
Figure 5 : Clous centro-médullaires verrouillés en titane de 100, 109 et 119 mm .....	26
Figure 6 : Anatomie du fémur de chat.....	30
Figure 7 : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux.....	33
Figure 8 : Classification des fractures distales fémorales .....	34
Figure 9 : Brochage de RUSH : appui de chacune des broches en trois points du cortex .....	37
Figure 10 : Plaque vissée sur une fracture fémorale .....	38
Figure 11 : Enclouage centro-médullaire verrouillé direct transarticulaire .....	40
Figure 12 : Enclouage centro-médullaire rétrograde.....	41
Figure 13 : Clous centro-médullaires verrouillés en montage statique et dynamique .....	41
Figure 14 : Matériel chirurgical nécessaire à la pose de clous verrouillés en titane de 3,5 mm par voie transarticulaire directe.....	49
Figure 15 : Principe de pose des vis de verrouillage proximale et distale sur un clou verrouillé en titane de 3,5 mm.....	50
Figure 16 : Point d'insertion d'une broche de Kirshner de 2 mm dans le nœud intercondyloire.....	52
Figure 17 : Pré forage avec une broche de Kirshner de 2 mm dans le noeud intercondyloire. ....	52
Figure 18 : Enclume de l'ancillaire et viseur fixés au téton de solidarisation du clou en titane de 3,5 mm lors de son introduction dans la cavité médullaire. ....	53
Figure 19 : Clou rompu et téton éliminé par pliage au niveau de la tige. ....	54
Figure 20 : Erreur de verrouillage d'une vis proximale sur un clou verrouillé en titane par voie transarticulaire directe. ....	61
Figure 21 : Récupération fonctionnelle au dernier contrôle de 20 chats atteints de fracture distale du fémur opérés avec des clous en titane de 3,5 mm par voie transarticulaire directe. ....	65

Figure 22 : Evaluation radiographique de la cicatrisation osseuse de 20 chats atteints de fracture distale du fémur opérés avec des clous en titane de 3,5mm par voie transarticulaire directe ..... 69

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Diamètre et longueur des clous verrouillés utilisés en médecine vétérinaire .....	22
Tableau 2 : Diamètre des vis de verrouillage correspondant aux clous verrouillés utilisés en médecine vétérinaire.....	22
Tableau 3 : Localisation des fractures du chat .....	31
Tableau 4 : Localisation des fractures fémorales du chat .....	32
Tableau 5 : Type de fractures fémorales du chat .....	32
Tableau 6 : Implants et résistance aux contraintes.....	42
Tableau 7 : Présentation des 23 chats et de leur cause de fracture.....	48
Tableau 8 : Description des fractures et taille du fragment distal.....	62
Tableau 9 : Présentation du suivi fonctionnel des différents cas étudiés.....	63
Tableau 10 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 1 mois post-opératoire.....	66
Tableau 11 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 4 mois post-opératoires .....	67
Tableau 12 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 7 mois post-opératoires .....	68





# INTRODUCTION

L'enclouage centro-médullaire à l'aide de clous verrouillés pour traiter les fractures des os longs est fréquemment utilisé en médecine vétérinaire. Il s'agit d'une technique peu invasive qui permet de respecter le concept de traitement biologique.

Ce type d'enclouage chez le chat est indiqué lors du traitement des fractures diaphysaires fémorales et humérales exclusivement ; il n'a encore jamais été utilisé pour stabiliser les fractures distales du fémur.

Cette technique présente, comparée aux autres actes chirurgicaux indiqués dans ce genre de situations, un nombre certain d'avantages qui rendent son emploi intéressant. En effet, certaines fractures fémorales distales sont difficiles à traiter par les techniques habituelles de brochage, notamment en raison de leur complexité qui rend la pose de broche inadaptée. Par rapport à la plaque vissée, le clou centro-médullaire se trouve dans l'axe des contraintes de l'os ce qui permet une meilleure résistance mécanique ; il est aussi plus rapide à poser. Enfin, le fait de verrouiller le clou permet de neutraliser les contraintes en rotation, en translation, en compression et évite aussi la migration de l'implant qui peut être observée lors d'enclouage centro-médullaire non verrouillé.

Les clous utilisés jusqu'alors étaient des clous en acier inoxydable de 4, 5 et 6 mm de diamètre, difficilement utilisables du fait de leur trop grande taille chez les animaux jeunes ou de faible gabarit comme peuvent l'être les chats. L'utilisation de clous verrouillés en titane de 3,5 mm de diamètre permet de contourner cette difficulté et rend possible l'enclouage centro-médullaire verrouillé chez cette espèce.

Le but de cette étude est de tester la faisabilité et la fiabilité d'un enclouage centro-médullaire direct par voie transarticulaire à l'aide de clous en titane de 3,5 mm de diamètre dans le traitement des fractures fémorales distales chez le chat.

Dans un premier temps, nous ferons un rappel bibliographique sur les caractéristiques du clou verrouillé en titane de 3,5 mm de diamètre, sur les fractures distales du fémur chez le chat et sur les techniques de stabilisation existantes en médecine vétérinaire.

Dans un second temps, les essais cliniques nous permettront de présenter le matériel utilisé pour cette étude, les méthodes chirurgicales et de suivi fonctionnel et radiographique retenus ainsi que les résultats obtenus sur l'ensemble de la population des animaux opérés à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA).

Enfin, nous justifierons le choix du protocole opératoire mis en place et l'intérêt de l'emploi d'une technique inédite de traitement des fractures distales du fémur chez le chat.

# I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE



# I.A. LE CLOU VERROUILLE EN TITANE

## 1. Caractéristiques du titane

En chirurgie osseuse vétérinaire, les clous verrouillés communément utilisés sont en acier inoxydable. Le titane, bien qu'employé comme matériel d'ostéosynthèse à partir des années cinquante, est utilisé couramment à partir de 1966.

### a. Composition chimique et propriétés mécaniques

Il s'agit d'un élément chimique simple dans lequel on retrouve des traces de fer, d'oxygène, d'azote, de carbone et d'hydrogène qui sont responsables des propriétés mécaniques du titane.

Comparé à l'acier inoxydable, dont la structure atomique est cubique à face centrée, le titane, hexagonal, possède cinq caractéristiques majeures (PERREN *et al.*, 1992).

- Ductilité : la rupture de vis en acier inoxydable de 4,5 mm se fait pour des couples de torsion variant de 5 à 6 mètres Newton et des angles de 500 à 1000 degrés alors que sur des vis en titane de même diamètre, cette rupture est observée pour un couple de torsion maximale de 4,6 mètres Newton et des angles de 200 à 350 degrés. Bien que cet angle soit plus faible, les valeurs restent néanmoins supérieures aux valeurs minimales requises par la norme ISO pour l'acier inoxydable.
- Comportement à la fatigue : le titane résiste plus que l'acier inoxydable lors de cycles de fatigue de grande amplitude (charges faibles) tandis que l'acier inoxydable est plus résistant pour des cycles de fatigue de petite amplitude (charges élevées).
- Résistance à la traction : la résistance à la rupture par extension varie selon son degré de pureté mais est systématiquement inférieure à celle de l'acier inoxydable. Sa force de rupture maximale est de 860 méga Pascal contre 980 méga Pascal pour l'acier.

- Rigidité : le module de Young du titane est inférieur de moitié à celui de l'acier. Cela signifie que pour une même force appliquée, le titane se déforme plus que l'acier. Le titane subit deux fois moins de contraintes pour une même déformation. Le titane est moins sujet à la rupture par fatigue et est caractérisé par sa faible rigidité. De plus, le module de Young du titane est plus proche de celui de l'os que le module de l'acier inoxydable vis à vis de l'os.
- Caractéristiques d'usure : le titane produit des débris de métal lors de contact entre deux surfaces, il est donc inutilisable pour des prothèses articulaires.

## b. Propriétés électrochimiques

Les matériaux laissés en place lors d'une intervention chirurgicale doivent être inertes. Certains métaux comme le cuivre, le magnésium, le bronze, l'acier doux, l'aluminium sont toxiques pour les ostéoblastes. L'argent et le nickel sont peu utilisés à cause de leur coût important, le platine-stainless et l'acier inoxydable sont bien tolérés. Les associations de métaux différents pour une même ostéosynthèse sont à proscrire en raison de l'effet « pile » qu'elles créent et qui entraîne des raréfactions osseuses autour de l'implant, des retards de cicatrisation, des ruptures d'implant ou des phénomènes de gêne et de douleur.

Les implants en chirurgie osseuse sont réalisés avec des métaux résistants à la corrosion grâce à leur couche passive. Celle du titane est formée d'une fine couche stable et dense d'oxyde de titane qui explique sa résistance à la corrosion. Même endommagée, cette couche se reforme spontanément au contact des fluides corporels ; c'est la repassivation. Lors de dommages répétés, celle du titane ne laisse apparaître aucun signe de corrosion tandis que celle de l'acier inoxydable montre une corrosion locale (PERREN *et al.* , 1992).

## c. Traitement de surface et biocompatibilité

Un traitement électrochimique de surface permettant d'améliorer la résistance à la corrosion en augmentant la couche passive est appliqué aux implants d'ostéosynthèse ; la couleur du titane est expliquée par l'épaisseur de cette dernière.

La grande biocompatibilité du titane est expliquée par sa résistance à la corrosion et l'inertie de sa couche passive. De plus, le titane ne peut pas se dissoudre *in situ* et devenir ainsi disponible pour les tissus (PERREN *et al.* , 1992).

#### d. Tests *in vitro* et tests *in vivo*

Aucune inhibition n'est observée lorsque le titane est placé sur des cultures cellulaires lors de tests *in vitro*.

Les tests *in vivo* sont réalisés en plaçant des cylindres de titane dans le tissu sous-cutané de souris. Après un certain temps, l'analyse des tissus adjacents indique que le métal est bien toléré. Lors d'étude similaire avec l'acier inoxydable à des fins comparatives, la réaction tissulaire est moindre lorsque l'implant est en titane. L'analyse histologique des tissus indique la formation de vaisseaux sanguins plus proches de l'implant lorsque celui-ci est en titane. Enfin, la corrosion de l'implant est inexistante lorsque celui-ci est en titane ce qui n'est pas le cas pour l'acier (PERREN *et al.* , 1992).

Etant inerte chimiquement et entraînant moins de réactions tissulaires au contact de l'implant, le titane est donc un matériel intéressant, surtout en ostéosynthèse puisqu'il possède la même flexibilité que l'os et provoque ainsi moins de contraintes sur celui-ci (HERTHEL *et al.* , 1996).

## 2. Clou verrouillé et ancillaire de pose

L'enclouage centro-médullaire verrouillé, apparu dès 1968, présente un moindre encombrement par rapport aux autres techniques d'ostéosynthèse (hormis l'enclouage centromédullaire non verrouillé) et permet une augmentation de la résistance de l'os à la rotation, à la courbure et à l'écrasement (ENDO *et al.*, 1998).

Cette technique présente un usage limité, en particulier chez le jeune chat, car l'enclouage reste difficile chez les animaux de faible diamètre médullaire.

### a. Le clou verrouillé

A ce jour, les clous verrouillés communément utilisés en médecine vétérinaire sont en acier SUS 136. Ils existent en trois diamètres (4, 5 et 6 mm) pour lesquels sont définies des longueurs variant de 92 à 185 mm (voir tableau 1). Les vis de verrouillage existent aussi en trois diamètres ( 2 , 2.7 et 3.5 mm) et correspondent chacune à un type de clou (voir tableau 2).

Tableau 1 : Diamètre et longueur des clous verrouillés utilisés en médecine vétérinaire (d'après ENDO *et al.*, 1998)

<b>Diamètre du clou en mm</b>	4	5	6
<b>Longueur du clou correspondante en mm</b>	92	95	139
	100	110	149
	109	125	160
	119	140	172
	130		185

Tableau 2 : Diamètre des vis de verrouillage correspondant aux clous verrouillés utilisés en médecine vétérinaire (d'après ENDO *et al.*, 1998)

<b>Diamètre du clou en mm</b>	4	5	6
<b>Diamètre des vis en mm</b>	2	2,7	3,5

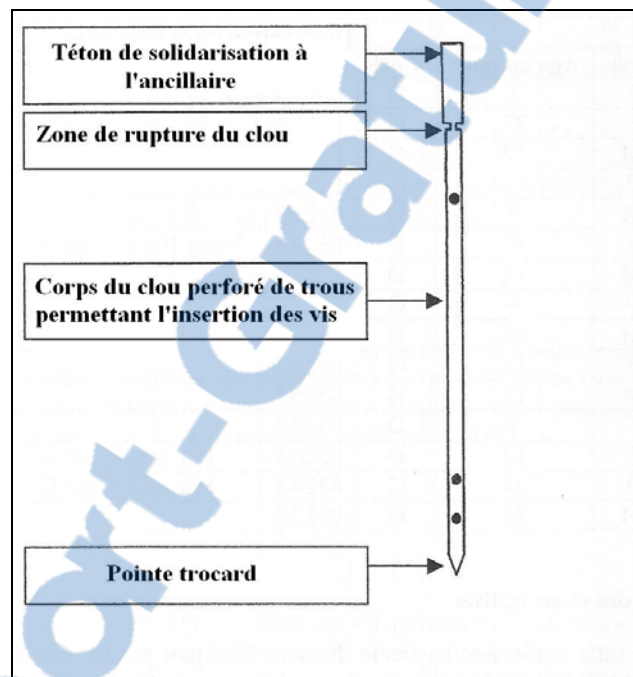
Pour des raisons d'adaptation au diamètre du fût osseux, les clous utilisés dans le traitement des fractures fémorales chez le chat sont exclusivement ceux de 4 mm de diamètre.

Tous les clous ont une extrémité à pointe trocard (figure 1) permettant l'insertion dans la cavité médullaire tandis que l'autre extrémité est composée d'un téton de solidarisation à l'ancillaire (ENDO *et al.*, 1998).



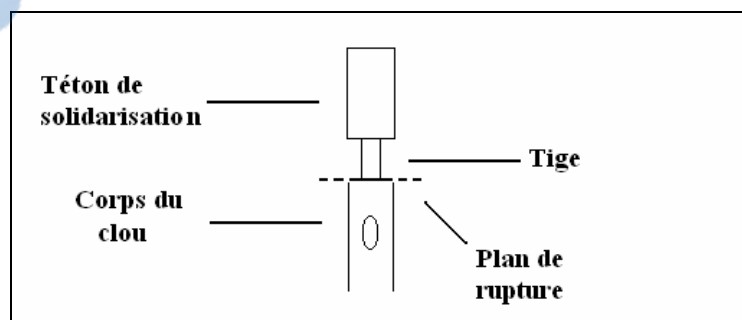
Le corps du clou est foré de deux trous distaux et d'un trou proximal. Ces trous sont chanfreinés pour faciliter l'entrée des vis de verrouillage. La position des trous de verrouillage a été définie selon, d'une part, les principes d'universalité d'emploi (adaptation du matériel à tous les os longs sur lesquels l'enclouage s'applique) et, d'autre part, les impératifs techniques de mise en place des vis de verrouillage.

Figure 1 : Clou centro-médullaire verrouillé.



Le téton de solidarisation et le corps du clou sont reliés par une tige (figure 2) de moindre diamètre. (MOUNY, 1995).

Figure 2 : Détail de la zone de rupture.

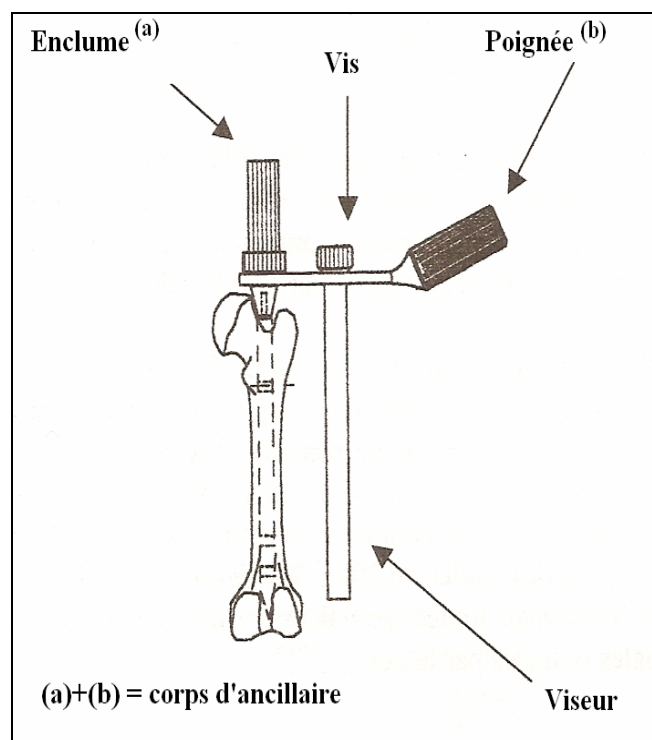


La mise en place du clou verrouillé dans la cavité médullaire et la pose des vis de verrouillage à travers le fût osseux ne peuvent s'effectuer dans de bonnes conditions qu'en utilisant un matériel spécifique nommé ancillaire.

### b. Ancillaire et technique de pose

L'ancillaire (figure 3) est composé d'un corps d'ancillaire comportant une poignée de maintien et recevant d'une part la vis enclume qui se solidarise à l'implant au niveau du téton de solidarisation et d'autre part le viseur qui permet de retrouver les orifices de verrouillage à travers l'os. Ce dispositif est destiné à faciliter la pose des vis de verrouillage sans avoir recours à la fluoroscopie (DUHAUTOIS 2003).

Figure 3 : Système d'ancillaire.

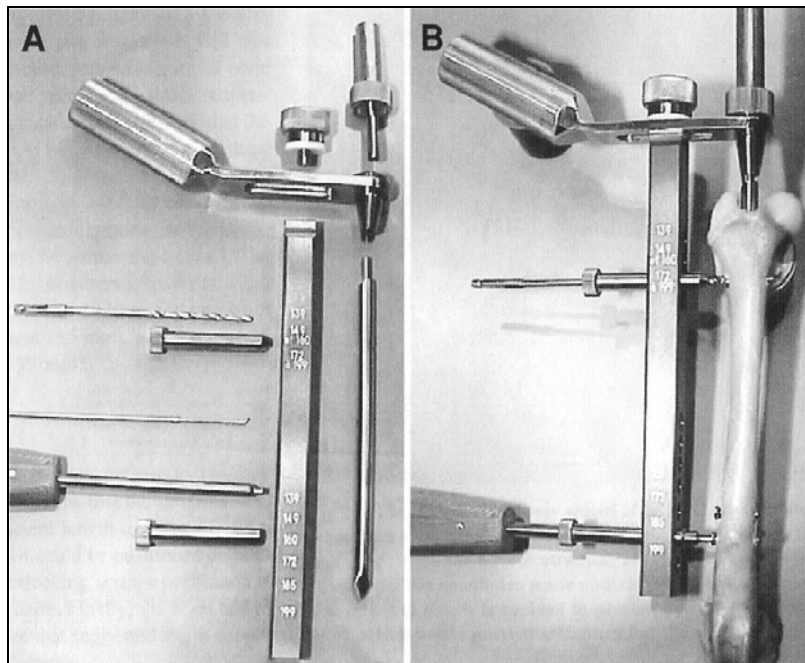


Les vis de verrouillage sont mises en place de manière adéquate grâce à un guide de forage et un guide vis portés par le viseur. Le viseur est solidarisé au corps de l'ancillaire au moyen d'une vis de blocage (figure 4). L'ensemble vis de blocage et viseur est susceptible de

coulisser sur le corps d'ancillaire, ce qui permet de rapprocher le plus possible le viseur de l'os à percer afin de limiter les erreurs de parallaxe (MOUNY, 1995).

Deux types de viseurs peuvent être utilisés, l'un permettant la pose de vis sur des clous de 4 et 5 mm de diamètre, l'autre permettant de verrouiller les clous de 6 mm. Cette différenciation permet de limiter les erreurs lors du verrouillage (DUHAUTOIS, 2003).

Figure 4 : Matériel de verrouillage : guide de forage et guides vis (d'après DUHAUTOIS, 2003).



La pose de clous verrouillés sur les fractures fémorales permet d'obtenir une bonne résistance à diverses contraintes ( forces de rotation, de flexion et de torsion) et le maintien des avantages biomécaniques de la pose de clous simples de par sa position centrale dans l'os offrant une stabilité axiale satisfaisante. Le verrouillage permet de contrer l'instabilité en rotation et en compression des fragments osseux sur les foyers instables. Cette technique d'ostéosynthèse permet de contenir correctement les fractures esquilleuses ou comminutives ; elle possède en plus la même résistance en soutien que les plaques vissées (DUHAUTOIS, 2003).

Les indications de l'enclouage centromédullaire verrouillé sont limitées par une cavité médullaire de faible taille. Ces fûts de faible diamètre se rencontrent notamment chez les animaux très jeunes, dont le diamètre fémoral interne peut être inférieur à 4 mm.

### c. Caractéristiques des clous verrouillés en titane

Les clous verrouillés en titane sont fabriqués à Freiburg en Allemagne par le laboratoire M & W HANDLES GmbH MEDIZINTECHNIK.

En fonction de la taille du fémur opéré, différentes longueurs de clous sont disponibles : 100, 109 et 119 mm (figure 5). L'évaluation de la longueur du clou à poser se fait grâce aux radiographies pré opératoires du membre opéré ou du membre sain.

De même que pour les clous en acier, ceux en titane possèdent une extrémité trocard et un téton de solidarisation à l'ancillaire à l'autre extrémité. Les longueurs exprimées ci-dessus prennent en compte le téton de solidarisation.

Les propriétés mécaniques du titane permettent de concevoir des clous centro-médullaires dont le diamètre est inférieur à celui des clous en acier inoxydable mais dont les caractéristiques biomécaniques sont similaires.

Les clous ont tous un diamètre de 3,5 mm. Le téton a toutefois un diamètre de 4mm pour permettre, dans un souci de facilité, l'utilisation des systèmes d'ancillaire préexistant prévus pour les clous en acier inoxydable de 4 mm.

Figure 5 : Clous centro-médullaires verrouillés en titane de 100, 109 et 119 mm



Ces clous sont forés de trois ou quatre trous, un ou deux proximaux et toujours deux distaux, possédant tous un diamètre de 2 mm ce qui permet de verrouiller le clou à l'aide de vis auto-taraudantes en titane de 2 mm.

Un avantage du clou titane repose sur le fait qu'il est possible de rompre manuellement le téton de solidarisation par une simple flexion appliquée à la jonction entre ce téton et le corps du clou. Cette rupture n'est pas envisageable avec les clous en acier inoxydable du fait des caractéristiques mécaniques de l'acier. Les clous en acier inoxydable doivent être coupés. Pour ces clous, après introduction dans l'os ou le cartilage, la section ne peut pas se faire au plus près des éléments anatomiques : les clous en acier inoxydable dépassent donc toujours de quelques millimètres. Ce dépassement étant incompatible avec une fonction articulaire normale, il est donc impossible d'envisager un enclouage transarticulaire avec le matériel en acier inoxydable. Cette technique n'est possible qu'avec les clous en titane qui peuvent rompre au ras du cartilage.

Le trou proximal du clou titane est toujours situé à 8 mm de la zone de rupture. Si le clou est perforé de deux trous proximaux, le second est situé à 15 mm de cette même zone.

Le guide de forage et les guides de vis utilisés sont les mêmes que ceux utilisés habituellement pour les clous de 4 mm.

#### d. Avantages du clou en titane

Les clous en titane possèdent les mêmes avantages que les clous verrouillés en acier inoxydable. En effet, ils peuvent être utilisés sur un grand nombre de fractures diaphysaires fémorales et permettent une récupération fonctionnelle rapide avec une cicatrisation osseuse satisfaisante ( MICHON-LAURIERE, 2002).

De plus, les propriétés mêmes du titane permettent de fabriquer des clous de petit diamètre adaptés aux caractéristiques du fémur du chat ce qui rend possible la réalisation de techniques d'ostéosynthèse telles que l'enclouage verrouillé chez des animaux jeunes ou présentant une cavité médullaire de diamètre étroit (MICHON-LAURIERE, 2002).

S'il est de diamètre adapté, le clou titane n'abîme pas la vascularisation endostale ce qui valorise le concept de « montage biologique » (DUHAUTOIS, 2003).

Le fait que ces clous puissent être rompus au ras de l'os en un point précis et de manière simple permet d'envisager des techniques chirurgicales, jusqu'alors irréalisables avec des clous verrouillés en acier, telles que l'enclouage direct transarticulaire. L'enclouage direct transarticulaire correspond, pour un genou, à la pénétration du clou dans le fragment distal directement à partir de la surface articulaire fémorale. Ce clou est ensuite remonté dans le fragment proximal après réduction. Cette technique n'est envisageable que si aucun matériel d'ostéosynthèse ne dépasse du cartilage après implantation, ce qui, dans le cas contraire, altérerait gravement la fonction articulaire. Les caractéristiques mécaniques du titane et le mode de rupture du tétou permettent de respecter la fonction articulaire après enclouage. (MICHON-LAURIERE, 2002).

Il a été démontré chez l'homme que pour obtenir une résistance optimale du matériel d'ostéosynthèse, le diamètre théorique du trou d'insertion des vis doit être inférieur à 30% du diamètre du clou. Sur un clou en acier inoxydable vétérinaire de 4 mm de diamètre, les trous représentent 52,6% du diamètre du clou et le matériel présente malgré tout une résistance satisfaisante (DUHAUTOIS, 2003).

Sur un clou en titane de diamètre plus faible, les trous correspondent à 58% du diamètre du clou. Il est légitime de s'interroger sur la résistance de ce matériel lorsqu'il est soumis aux contraintes mécaniques de la locomotion.

# I.B. LES FRACTURES DISTALES DU FEMUR CHEZ LE CHAT

## 1. Caractéristiques du fémur de chat

Le fémur est l'os unique de la cuisse. Il est long, asymétrique, pair, articulé proximale à l'acétabulum et distalement aux os de la jambe. Il est oblique crânio-ventralement et est constitué d'un corps dans sa partie moyenne et de deux extrémités, l'une proximale et l'autre distale (BARONE, 1986).

### a. Rappels anatomiques

Le corps du fémur est cylindroïde et rectiligne. Son bord caudal constitue la ligne âpre qui chez le chat est plus courte et moins marquée que chez le chien. L'extrémité proximale est composée par :

- le col fémoral portant la tête du fémur,
- la tête fémorale, médiale, sphéroïde s'articulant sur l'acétabulum,
- la fosse trochantérique,
- le grand trochanter latéralement qui permet l'insertion des muscles fessiers,
- le petit trochanter médialement sur lequel s'insèrent les muscles grand psoas et iliaques.

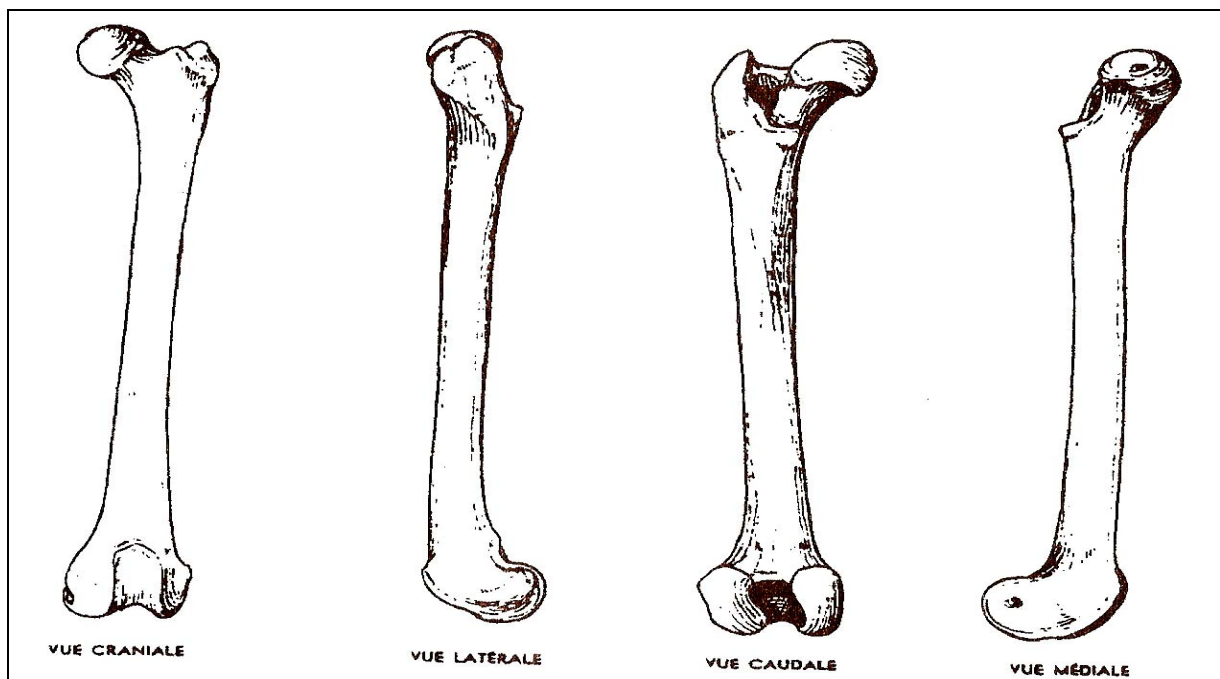
L'extrémité distale quant à elle est composée par :

- les condyles médial et latéral,
- les épicondyles médial et latéral sur lesquels s'insèrent des ligaments,
- une fosse inter-condylocaudale,

- la trochlée crâniale formée de deux lèvres et d'une gorge où se glisse la patella.

Le fémur de chat (figure 6) se distingue du fémur du chien par sa rectilignité : il est peu incurvé dans sa partie distale. Le galbe de l'os ne dépasse guère quelques degrés (MEYNARD, 1982). Cette particularité facilite la pose d'un clou centromédullaire sur toute la longueur de l'os.

Figure 6 : Anatomie du fémur de chat (d'après BARONE, 1986).



### b. Etude morphométrique

L'os du chat adulte mesure entre 99 et 123 mm de long et présente peu de variations individuelles. Le diamètre osseux à hauteur du fût présente une faible variation. L'épaisseur des corticales, mesurée en région diaphysaire est faible comparée à la longueur du fût osseux (MEYNARD, 1982).

Le rapport entre les mesures des diamètres antéro-postérieur et latéro-médial de la cavité médullaire montre un degré d'aplatissement variant entre 10% et 23%.



Le fémur de chat est relativement rectiligne avec des corticales parallèles au niveau de la diaphyse et qui s'écartent faiblement en région métaphysaire. Le canal médullaire, aplati d'avant en arrière, est de diamètre constant le long du fût fémoral (MEYNARD, 1982).

## 2. Caractéristiques des fractures fémorales distales du chat

La majorité des fractures fémorales observées chez le chat sont d'origine traumatique. Elles sont mises en évidence essentiellement lors de l'examen orthopédique d'animaux ayant chuté ou ayant subi un traumatisme direct lors d'accidents de la voie publique.

### a. Répartition des fractures chez le chat

Les fractures du fémur représentent 20 à 25% des fractures chez les animaux de compagnie (BRINKER *et al.*, 1994) et 42% des fractures du chat (MEYNARD, 1982).

Tableau 3 : Localisation des fractures du chat (d'après MEYNARD, 1982).

<b>Localisation en %</b>	<b>Chat</b>	<b>Chien</b>
<b>Scapula</b>	2,98	0,80
<b>Humérus</b>	8,80	18,00
<b>Radius- Ulna</b>	6,78	22,00
<b>Mandibule</b>	1,99	4,22
<b>Pelvis</b>	5,68	13,70
<b>Fémur</b>	<u>42,48</u>	22,71
<b>Tibia</b>	21,40	13,85
<b>Col du fémur</b>	9,89	4,72
<b>Nombre de cas</b>	n = 128	n = 472

## b. Localisation et types de fractures fémorales

La diaphyse est la localisation la plus communément affectée lors de fracture fémorale chez le chat. Une atteinte de la diaphyse est observée dans 60 % de l'ensemble des fractures du fémur. Le foyer est situé distalement dans seulement 24% des cas (tableau 4).

Tableau 4 : Localisation des fractures fémorales du chat (d'après SIMON, 1990).

<b>Localisation des fractures en %</b>	<b>Chat</b>	<b>Chien</b>
<b>Diaphyse</b>	<b><u>59,78</u></b>	68,36
<b>Partie distale du fémur</b>	23,41	18,62
<b>Partie proximale du fémur</b>	16,81	13,02
<b>Nombre de cas</b>	n = 444	n = 189

Les fractures de la diaphyse fémorale sont plus nombreuses chez l'adulte tandis que le jeune chat présente surtout des fractures de la partie distale ou proximale de l'os (SIMON, 1990).

Il semble y avoir plus de fractures complexes et esquilleuses (58%) que de fractures simples (42%) chez le chat (tableau 5) ce qui serait lié à la finesse de la corticale du fémur (MEYNARD, 1982).

Tableau 5 : Type de fractures fémorales du chat (d'après MEYNARD, 1982).

<b>Type de fractures en %</b>	<b>Simple</b>	<b>Esquilleuses</b>	<b>Complexes</b>
<b>Chat</b>	42	26	32
<b>Chien</b>	62	23	15

La répartition du type de fracture diffère selon l'âge, les fractures comminutives sont fréquentes chez l'adulte (67%) mais ne représentent que 30% chez les animaux de 5 mois à un an et 25% chez les chatons de moins de 5 mois ( SIMON, 1990).

### c. Classification des fractures fémorales distales

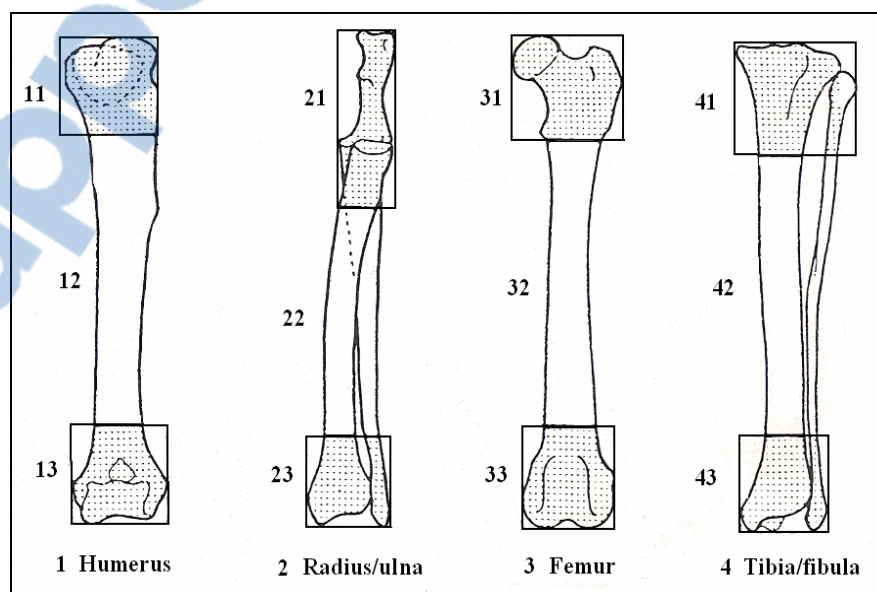
UNGER *et al.* (1990) décrit un modèle de classification pour les fractures des os longs chez les animaux de compagnie particulièrement intéressant.

En effet, un code alphanumérique permet de situer l'os concerné et de décrire à la fois la localisation anatomique et le degré de complexité de la fracture observée.

Le premier chiffre correspond à l'os fracturé : 1 pour humérus, 2 pour radius/ulna, 3 pour fémur et 4 pour tibia/fibula (figure 7).

Le deuxième chiffre permet de déterminer quel est le segment de l'os qui est fracturé. Pour se faire, l'os est divisé en trois parties, proximale, distale et diaphysaire, dont les limites sont définies par le tracé de carrés dont les cotés correspondent au plus grand diamètre de la partie concernée : 1 pour proximal, 2 pour diaphysaire et 3 pour distal (figure 7).

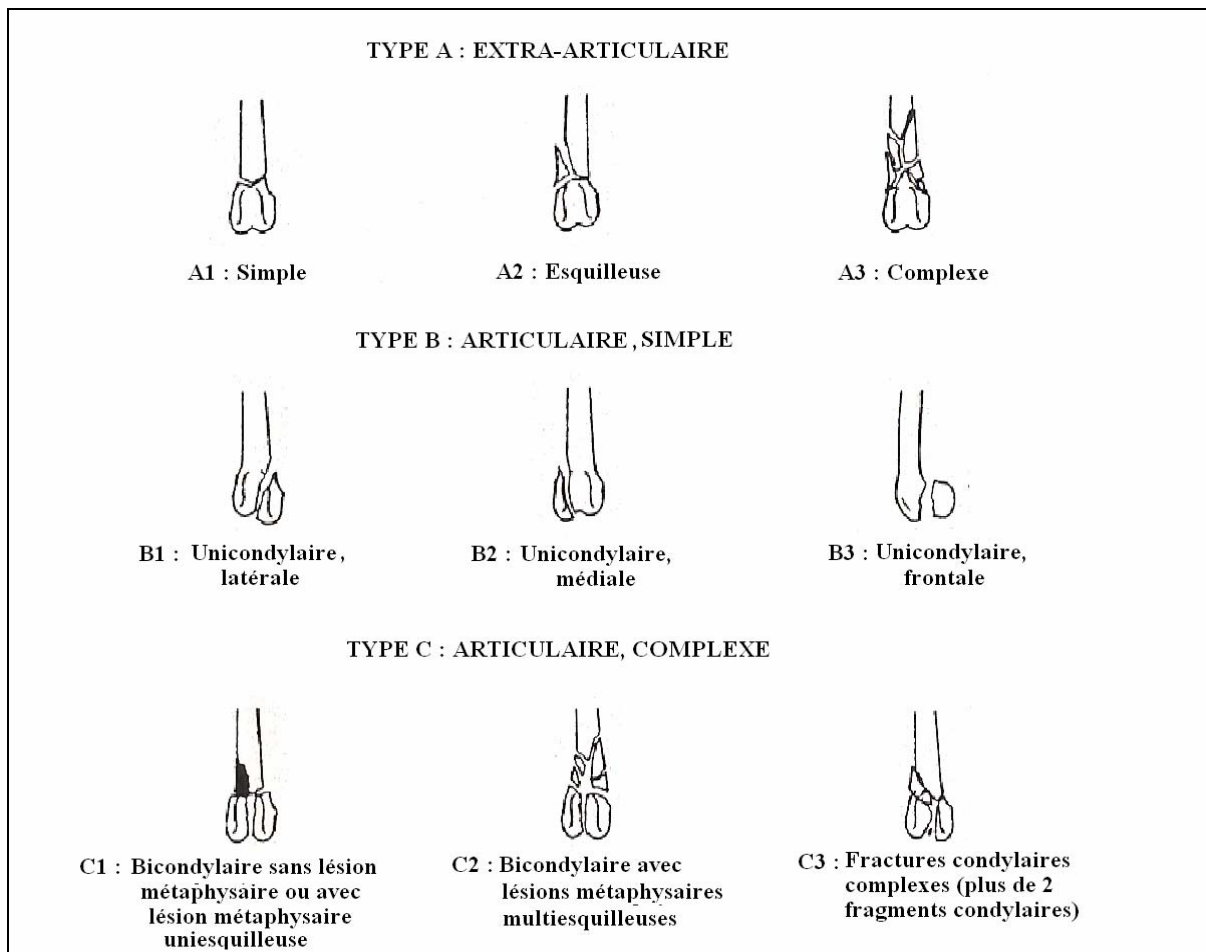
Figure 7 : Situation de l'os et localisation de la fracture sur le fût osseux (d'après UNGER *et al.* 1990)



Les fractures distales du fémur sont donc toutes caractérisées par le chiffre 33. La lettre qui suit permet de situer le site de fracture vis-à-vis de l'articulation et de caractériser la fracture : A pour extra-articulaire, B pour articulaire simple, C pour articulaire complexe (figure 8).

Le dernier chiffre décrit la complexité de la fracture en fonction de sa situation vis-à-vis de l'articulation (figure 8).

Figure 8 : Classification des fractures distales fémorales (modifiée d'après UNGER *et al.* 1990)



Cette classification va nous permettre de décrire les fractures distales fémorales observées au cours de notre étude.

# I.C. TRAITEMENT DES FRACTURES FEMORALES DISTALES DU CHAT

Les fractures fémorales distales du chat posent des difficultés spécifiques en raison des caractéristiques anatomiques des fragments et de leurs particularités lésionnelles.

Qu'il soit unique ou refracturé, le fragment distal est toujours de petite taille se prêtant difficilement à la pose d'implants en nombre important. Par ailleurs, le type de fracture influe sur le choix des implants. Ainsi, lorsque le massif distal est en un seul morceau et que le fragment proximal n'est pas refendu ou esquilleux, la fracture permet le recours à des techniques d'ostéosynthèse simples qui trouvent leur limite avec le traitement de fractures plus complexes.

En effet, les techniques utilisées doivent offrir une stabilité correcte pour prévenir toute migration d'implants avant la cicatrisation osseuse. Or, pour un type d'implant, la stabilité obtenue est fonction des caractéristiques lésionnelles du foyer de fracture parce qu'un implant peut suffire à la contention d'un foyer spontanément stable mais révéler ses insuffisances sur un foyer instable.

Ces constatations expliquent qu'il n'existe pas une technique universelle de traitement des fractures distales du fémur du chat mais diverses solutions adaptées à la complexité des lésions osseuses.

## 1. Techniques de traitement des fractures fémorales distales

### a. Le brochage en croix

La mise en place de petites broches de 1 à 1,5 mm de diamètre placées en croix depuis les condyles fémoraux vers les corticales du fragment proximal permet de neutraliser les forces

de traction et de rotation ainsi que la flexion et le cisaillement qui s'exercent au niveau du site de fracture (DE YOUNG, 1993).

Ce type de montage, utilisé seul, est indiqué dans le traitement des fractures distales fémorales de type A1 pour lesquelles les bouts osseux restent congruents.

Cette technique permet un certain degré de compression du foyer de fracture. Elle est économique, rapide, peu invasive et facile à réaliser lors de fractures simples. En revanche, elle se limite au traitement de fractures stables après réduction. Le brochage en croix peut être utilisé pour des fractures de type A2 et C1 lorsqu'il est associé à une autre technique d'ostéosynthèse comme le vissage intercondyloire ou le vissage ou le brochage d'esquille osseuse. Il est inenvisageable pour des fractures plus complexes car il ne permet pas d'obtenir une stabilisation correcte du foyer fracturaire, cette technique aboutissant généralement alors à une migration des implants et à un déplacement de fragments (DE YOUNG, 1993).

## b. Le brochage de Rush

Le foyer est stabilisé par la pose de broches souples biseautées dont une extrémité est à pointe trocard et l'autre repliée en crochet (figure 8).

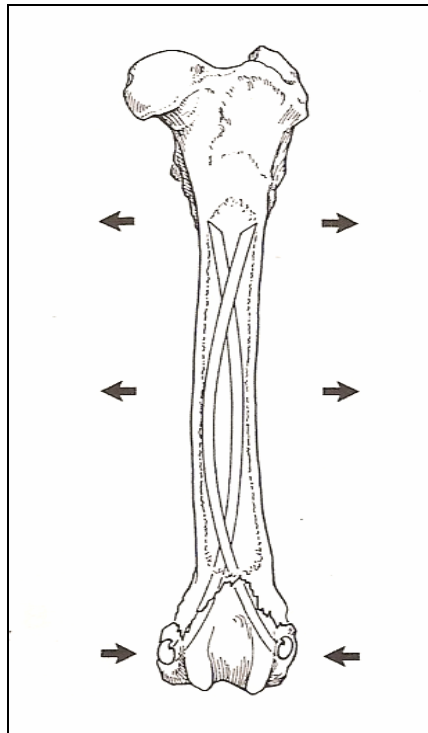
Les broches sont insérées selon un angle de 30° par rapport au plan axial de l'os. Deux broches sont utilisées, leurs points d'entrée se situant de chaque côté du fragment distal. Elles sont ensuite remontées dans le fragment proximal (DE YOUNG, 1993).

Les broches sont incurvées et crochetées manuellement avant leur mise en place. Lors de leur pose, il faut qu'elles puissent s'appuyer sur le cortex opposé au point d'insertion puis s'incurver pour rejoindre le cortex situé du côté de l'implantation. Elles créent ainsi trois points d'appui sur chaque corticale assurant la stabilité (figure 9).

Cette technique économique permet une meilleure stabilité que le brochage en croix. L'insertion des broches en trois points d'appui permet de réaliser un montage dynamique qui favorise la cicatrisation osseuse. Il s'agit d'une technique délicate qui nécessite une certaine expérience du chirurgien, l'angle d'implantation et le degré de courbure devant être

précisément choisis pour permettre l'inflexion de la broche et pour éviter de traverser la corticale opposée au point d'implantation condyloire (DE YOUNG, 1993).

Figure 9 : Brochage de RUSH : appui de chacune des broches en trois points du cortex (d'après DE YOUNG, 1993)



Ce montage est très peu utilisé en pratique courante du fait de sa complexité de mise en œuvre. De plus, chez le chat, les corticales extrêmement fines rendent le brochage de RUSH plus difficile encore car les broches utilisées tendent à traverser aisément ces corticales et rendent la fixation en trois points aléatoire (DE YOUNG, 1993).

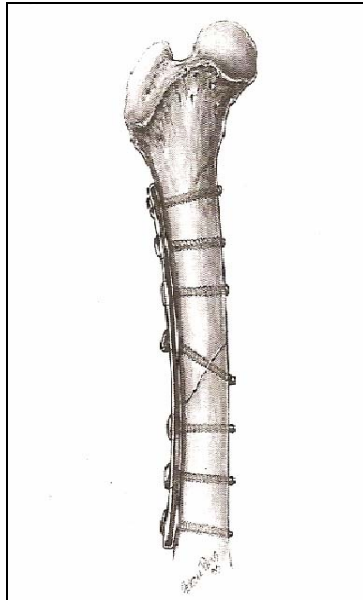
### c. La pose de plaque vissée

Le principe est de contenir l'os au moyen d'un tuteur métallique placé à la surface périostée du cortex. Ce tuteur est une plaque percée de trous, solidarisée à l'os par l'intermédiaire de vis ancrées dans les deux corticales (figure 10).

Le matériel le plus couramment utilisé est actuellement les plaques à compression dynamique, dont les trous sont ovales et possèdent un profil en plan incliné en direction du trait de fracture. Ces particularités permettent de fixer la plaque de manière à obtenir une compression du trait de fracture (DUHAUTOIS, 2003).

Les plaques peuvent avoir plusieurs rôles selon le mode de placement. Elles peuvent avoir une fonction de soutien lors de perte de substance osseuse, de neutralisation en neutralisant les contraintes s'exerçant sur une vis de traction, ou encore de mise en compression du foyer de fracture (DE YOUNG, 1993).

Figure 10 : Plaque vissée sur une fracture fémorale (d'après DE YOUNG, 1993)



La plaque permet un retour rapide à une fonction locomotrice optimale du membre atteint. En revanche, sa mise en place nécessite un abord osseux plus large que lors de la pose d'autres implants ce qui entraîne nécessairement une dévascularisation plus importante du foyer de fracture et des conséquences sur la cicatrisation (DE YOUNG, 1993).

Pour obtenir une stabilisation correcte, il est nécessaire d'avoir au moins six ancrages dans la corticale de part et d'autre du foyer de fracture ce qui implique la pose d'au moins trois vis. Lors de fractures distales du fémur chez le chat, la petite taille du fragment distal permet



rarement de placer trois vis pour obtenir les six ancrages corticaux souhaités (DUHAUTOIS, 2003).

En conséquence, la pose de plaque est souvent mal adaptée au traitement des fractures fémorales distales du chat.

#### d. L'enclouage centro-médullaire non verrouillé

L'enclouage centro-médullaire non verrouillé qui consiste en la pose d'un simple tuteur métallique au sein de la cavité médullaire est une méthode peu complexe, peu onéreuse, rapide et nécessitant un abord chirurgical limité. Cette technique peut être utilisée lors de fracture fémorale distale du chat en enclouage transarticulaire direct. Le clou est alors implanté dans le fragment distal à partir du cartilage articulaire puis remonté dans le fragment proximal pour s'ancrer dans l'os à hauteur de la fosse trochantérique. Cette technique ne neutralise ni les forces de rotation ni les forces de compression et ne s'applique qu'aux fractures stables après réduction de type A1. Les clous verrouillés vétérinaires ont été mis au point dans le but de corriger les insuffisances de l'enclouage centromédullaire non verrouillé en neutralisant les contraintes en rotation et en compression (MOUNY, 1995).

Les techniques d'ostéosynthèse décrites ci-dessus et indiquées dans le traitement des fractures fémorales présentent des inconvénients certains lorsque le foyer est distal et instable chez le chat. En effet, le brochage en croix et l'enclouage centro-médullaire non verrouillé ne peuvent s'appliquer qu'à des fractures simples, le brochage de RUSH est difficilement utilisable du fait de sa difficulté de mise en œuvre et la pose de plaque est rendue difficile par la taille du fragment distal qui ne permet pas de placer le nombre de vis nécessaire à l'obtention d'une stabilisation correcte. L'enclouage centro-médullaire verrouillé permet de régler certaines de ces difficultés.

#### e. L'enclouage centro-médullaire verrouillé

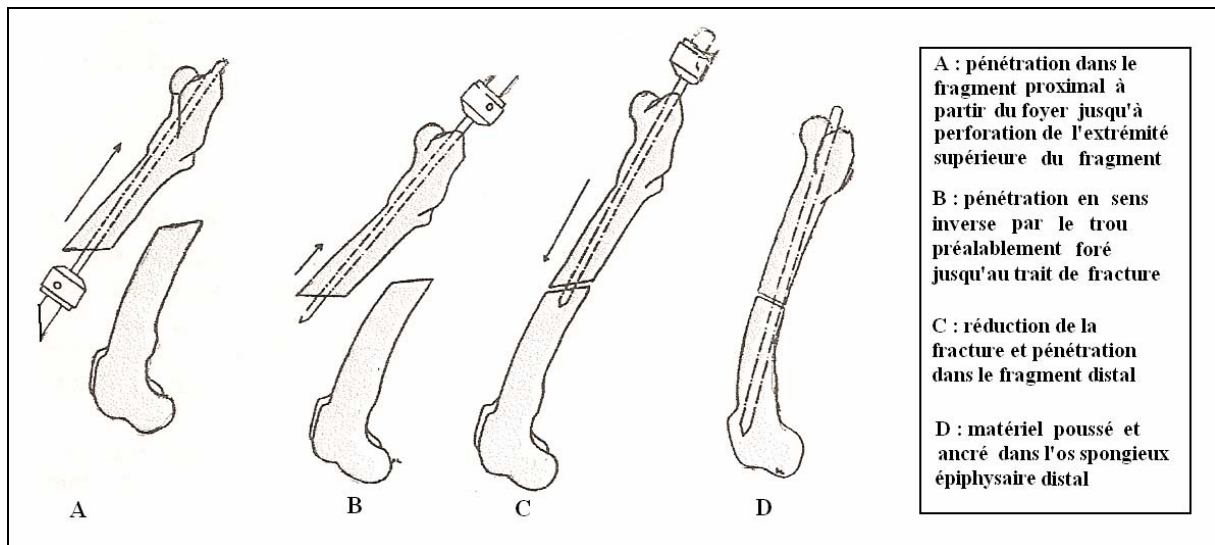
Le principe consiste à poser un clou centro-médullaire et à le verrouiller par des vis insérées dans des orifices perforés à ses deux extrémités, de part et d'autre du foyer de fracture, solidarissant ainsi l'implant à l'os fracturé (DUHAUTOIS, 1993).

L'enclouage peut être direct ou normograde, le clou subit alors une translation directe dans le sens proximo-distal ou disto-proximal (figure 11). L'enclouage peut être indirect ou rétrograde (figure 12), le clou subit deux translations successives de sens opposé, du foyer de fracture vers l'une des épiphyses, puis vers l'autre fragment (DUHAUTOIS et LEGEARD, 1992).

Figure 11 : Enclouage centro-médullaire verrouillé direct transarticulaire



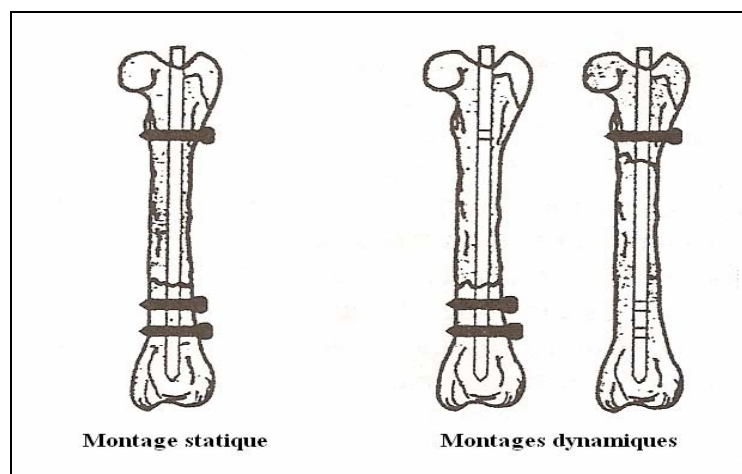
Figure 12 : Enclouage centro-médullaire rétrograde



Deux types de montages sont réalisables (figure 13):

- statique : le clou est verrouillé proximale et distalement ce qui neutralise l'ensemble des forces s'exerçant sur le foyer de fracture dont les forces de rotation et de compression.
- dynamique : une seule des deux épiphyses est verrouillée. Cette technique empêche la migration du clou mais laisse persister des contraintes sur le foyer fracturaire.

Figure 13 : Clous centro-médullaires verrouillés en montage statique et dynamique (d'après KEMPF *et al.* , 1978)



La dynamisation est une technique permettant d'activer la cicatrisation selon la loi de Wolf en enlevant un des deux verrouillages sur un montage statique après le début de la cicatrisation osseuse.

Contrairement à d'autres types d'implants, l'enclouage centromédullaire verrouillé permet de neutraliser les forces de rotation et de translation (tableau 6) ainsi que la compression des fragments osseux et la migration de l'implant (DUHAUTOIS et LEGEARD, 1992).

Tableau 6 : Implants et résistance aux contraintes (d'après DUHAUTOIS et LEGEARD, 1992)

<b>Contrainte</b>	<b>Rotation</b>	<b>Flexion</b>	<b>Cisaillement</b>	<b>Compression</b>	<b>Traction</b>
<b>Implant</b>					
<b>Clou de Steinmann</b>	-	+	-	-	-
<b>Brochage RUSH</b>	+	+	-	-	-
<b>Enclouage verrouillé</b>	+	+	+/-	+	+
<b>Plaque</b>	+	+	+	+	+

Dans 73% des cas, les clous verrouillés ne sont pas retirés chez l'animal après l'obtention de la cicatrisation osseuse (DUHAUTOIS, 2003).

Cette technique chirurgicale semble bien adaptée au traitement des fractures distales du fémur chez le chat. Ses limites tiennent à la longueur du fragment distal qui doit permettre la pose des vis de verrouillage dans ce fragment.

## 2. Résultats de l'enclouage centro-médullaire verrouillé direct par voie transarticulaire chez l'Homme

Chez l'Homme, l'enclouage centro-médullaire par voie transarticulaire est employé pour traiter les fractures distales complexes du fémur.

Cette technique opératoire est principalement utilisée sur des fractures du fût fémoral associées à d'autres affections telles que fractures du col fémoral, fractures du tiers proximal

de l'os associant des affections trochantériques et fractures ipsilatérales du fémur et du tibia chez les polytraumatisés (JANZING *et al.*, 1998).

La complexité des cas observés et la multiplicité des sites de fractures rendent le seul enclouage centro-médullaire insuffisant (KHARE, 2002). Il est nécessaire d'employer d'autres techniques d'ostéosynthèse pour traiter l'ensemble des problèmes.

L'avantage de la voie transarticulaire employée est qu'elle permet de combiner la réduction et la stabilisation de la fracture distale fémorale sans gêner le traitement des autres types d'affections associées, ceci dans le but de provoquer un moindre trauma chirurgical. De ce fait, la récupération du patient est plus rapide, son hospitalisation post-chirurgicale est restreinte et ses frais sont moindres (GRASS, 2002).

D'après l'étude menée par KHARE (2002), sur 35 cas traités par cette technique, une seule complication a été observée : une arthrite provoquée par une erreur opératoire. Aucun cas d'arthrose n'a été recensé.

L'enclouage centro-médullaire verrouillé par voie transarticulaire direct sur les fractures distales du fémur chez l'Homme présente des avantages non négligeables. Il serait intéressant de transposer cette technique chez l'animal, en particulier chez le chat dont le traitement de ce type de fracture reste complexe. L'usage de clous verrouillés en titane de 3,5 mm de diamètre pouvant être rompus au ras du cartilage et permettant de conserver une fonction articulaire normale semble tout à fait indiqué. Il est donc légitime de s'interroger sur la faisabilité et la fiabilité de l'emploi de ce matériel introduit par voie transarticulaire direct sur les fractures distales du fémur chez le chat. Le travail expérimental qui suit a pour but de répondre à ces questions.



## II. ESSAIS CLINIQUES





## II.A. MATERIEL

Le but de ce travail était de tester une nouvelle technique d'ostéosynthèse, l'enclouage transarticulaire direct par clou verrouillé en titane de 3,5 mm de diamètre, pour le traitement des fractures fémorales distales du chat. Ce travail s'est intéressé aux aspects techniques de la pose d'implant, à la qualité des résultats fonctionnels et cicatriciels obtenus et aux répercussions sur la fonction articulaire. Il s'agissait également de tester la fiabilité du matériel employé dans ce type d'indications.

### 1. Population d'étude

L'étude concerne 23 chats présentés en consultation à l'ENVA entre 1998 et 2005. Ces animaux présentent des fractures distales du fémur après des traumatismes subis lors d'accidents de la voie publique (sept cas) ou de chutes de fenêtres (quatorze cas). Les deux cas restant sont référés car l'un présente une pseudarthrose fémorale suite à un échec de contention antérieur accompagnée d'une lésion du nerf sciatique et l'autre une ostéomyélite après un brochage de Rush.

Les chats sont âgés de 4 à 66 mois avec un âge moyen de 29 mois. Il est intéressant de noter que la taille des clous en titane permet de traiter les fractures observées sur les animaux de très jeune âge. Sur l'ensemble des chats, 20 sont des européens. Sont également inclus dans cette étude : 1 persan, 1 norvégien et 1 chartreux. Neuf animaux sont des femelles et 14 sont des mâles (tableau 7).

Tous les chats sont opérés entre 0 et 15 jours après la survenue du traumatisme sauf les cas d'ostéomyélite et de pseudarthrose.

Tableau 7 : Présentation des 23 chats et de leur cause de fracture.

N° cas	Nom	Sexe	Age en mois	Cause de fracture
1	Scully	F	11	Accident de la voie publique
2	Saisai	F	19	Chute du 8ème étage
3	Sissi	F	23	Accident de la voie publique
4	Kamel	F	13	Chute du 3ème étage
5	Pahouk	M	12	Chute du 3ème étage
6	Yucca	F	54	Accident de la voie publique
7	Groomir	M	28	Chute du 8ème étage
8	Titus	M	18	Chute du 8ème étage
9	Timon	M	14	Chute du 3ème étage
10	Nounouche	F	58	Chute du 7ème étage
11	/	M	38	Accident de la voie publique
12	Hermes	M	12	Chute du 7ème étage
13	Tibili	M	4	Chute du 2ème étage
14	Gribouille	M	60	Accident de la voie publique
15	Jessie	F	54	Chute du 3ème étage
16	Nino	M	66	Chute du 2ème étage
17	Nemo	M	66	Chute du 2ème étage
18	Titi	M	7	Accident de la voie publique
19	Pilou	M	12	Ostéomyélite suite à un brochage de Rush
20	Zig	M	62	Accident de la voie publique
21	Tchatcha	M	9	Pseudarthrose due à un échec de contention antérieure
22	Charlotte	F	8	Chute du 4ème étage
23	Daisy	F	13	Chute du 8ème étage

F : femelle, M : mâle

Sur les 23 chats opérés, 3 animaux sont décédés des conséquences non orthopédiques du traumatisme (cas n°8, n°20 et n°22) et n'ont pas pu être évalués. Ils ont été exclus de l'étude.

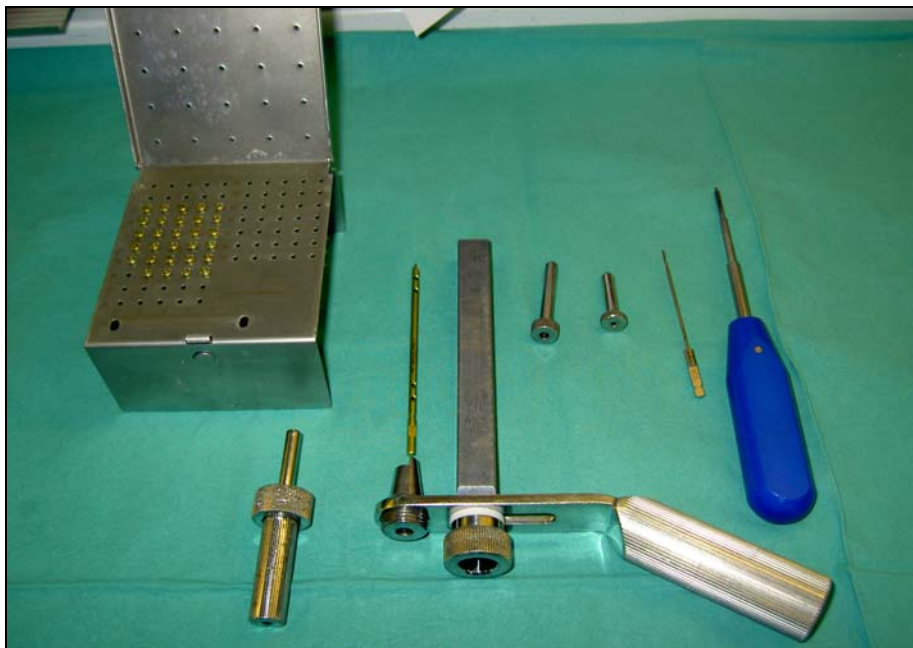
## 2. Matériel chirurgical

### a. Matériel ancillaire

Le matériel ancillaire employé, est identique à celui utilisé lors de la pose de clous centro-médullaires verrouillés en acier inoxydable de 4 mm de diamètre (figure 14).

Le téton de solidarisation du clou à un diamètre de 4mm, contrairement au corps, ce qui permet d'utiliser la même enclume que lors de la pose de clous en acier inoxydable.

Figure 14 : Matériel chirurgical nécessaire à la pose de clous verrouillés en titane de 3,5 mm par voie transarticulaire directe

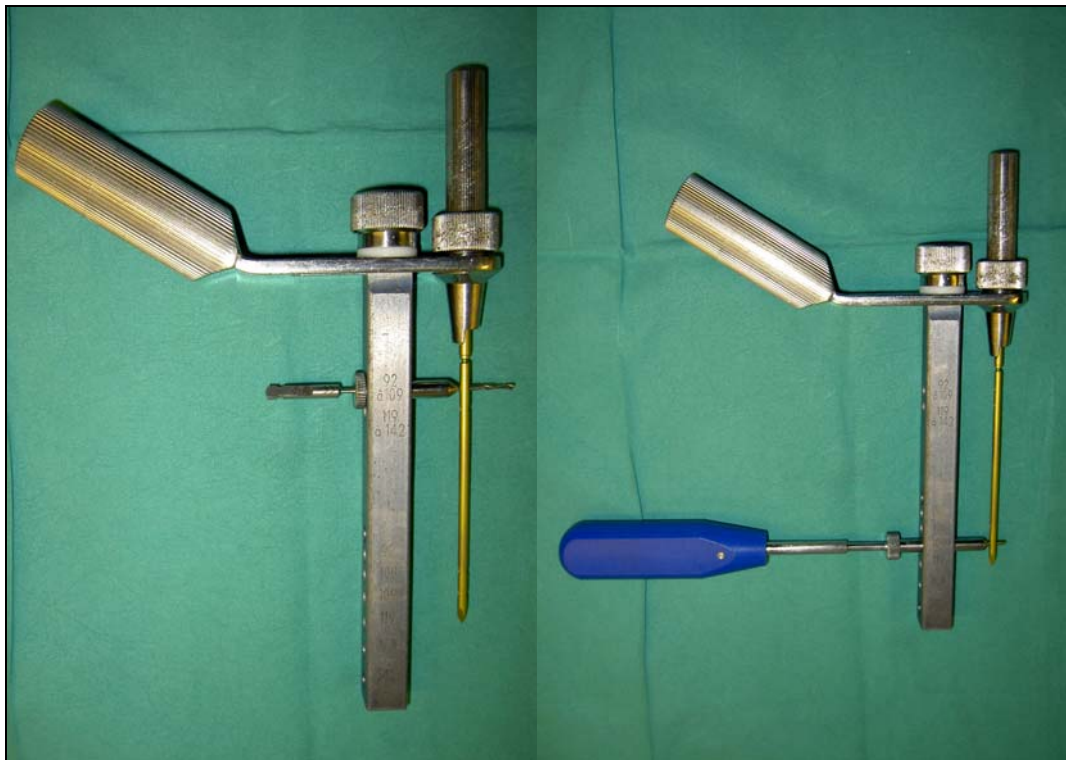


### b. Clou en titane de 3,5 mm de diamètre et verrouillage

Les clous en titane employés ont pour longueur 100 mm, 109 mm et 119 mm. Ceux de 100 ou 109 mm ont été les plus communément utilisés. Le choix de la longueur du clou est réalisé avant l'intervention à l'aide de la radiographie du fémur sain controlatéral.

Le clou en titane de 3,5 mm nécessite des vis en titane de 2 mm. Ces vis sont posées avec le même viseur, le même guide de forage et le même guide de vis que lors de l'usage de clous en acier inoxydable (figure 15). Tous les clous posés sont verrouillés en montage statique.

Figure 15 : Principe de pose des vis de verrouillage proximale et distale sur un clou verrouillé en titane de 3,5 mm



Il a parfois été nécessaire de poser des cerclages ou d'effectuer des greffes osseuses lorsque la perte de substance était trop importante. Le matériel utilisé alors est le même que celui employé communément.

## II.B. METHODE

### 1. Intervention chirurgicale

#### a. Anesthésie

Tous les animaux sont prémédiqués avec de l'Acépromazine (0.5 mg/kg) et de la Morphine (0.2 mg/kg). L'induction de l'anesthésie est obtenue par du thiobarbiturate de sodium (10 – 12 mg/kg) ou du propofol ( 5-7 mg/kg), l'entretien de l'anesthésie se fait par emploi d'halothane ou d'isoflurane.

Tous les chats reçoivent une antibio-prophylaxie (30 mg/kg de cephalexine) au moment de l'induction et au réveil, ou toutes les deux heures si l'acte chirurgical se prolonge.

#### b. Abord du foyer

Après préparation chirurgicale du membre, une approche latérale du fémur est utilisée pour identifier le fragment fémoral proximal. Une arthrotomie latérale du genou permet un abord du fragment distal. Ces abords sont non spécifiques.

#### c. Enclouage

Pour faciliter l'implantation du clou verrouillé, un pré forage avec une broche de Kirshner ou une mèche de 2 mm est effectué dans le noeud intercondyalaire (Figures 16 et 17). La broche ou la mèche est orientée perpendiculairement à la surface cartilagineuse dans la direction de la corticale postérieure du fût osseux.

Figure 16 : Point d'insertion d'une broche de Kirshner de 2 mm dans le noeud intercondyalaire

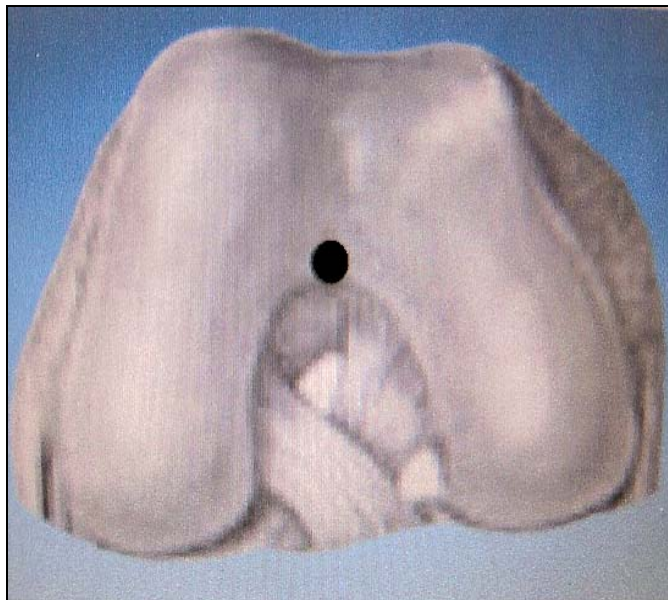
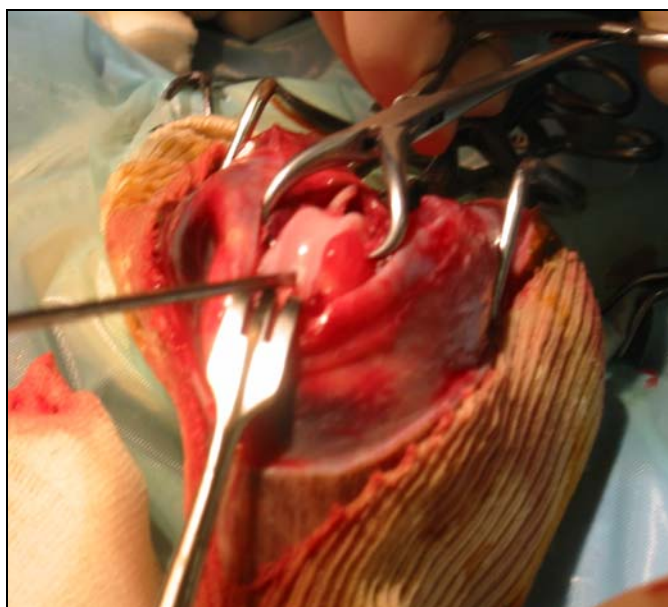


Figure 17 : Pré forage avec une broche de Kirshner de 2 mm dans le noeud intercondyalaire



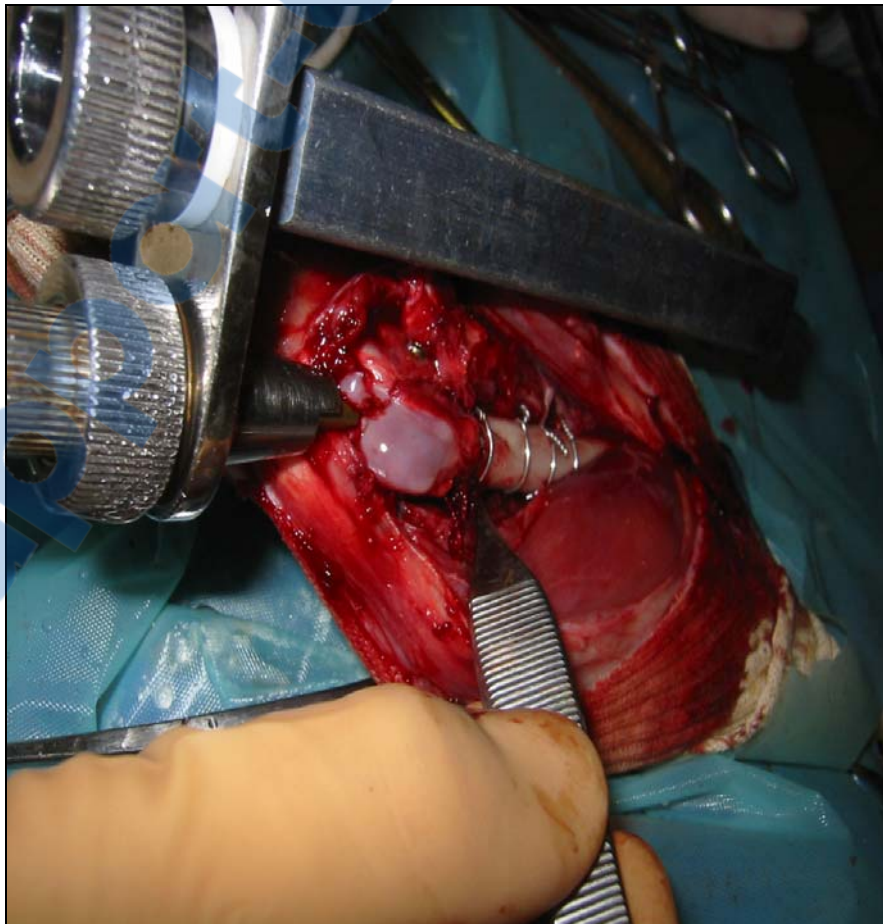
Le clou en titane de 3,5 mm est ensuite introduit dans le trou de pré forage au mandrin de Jacobs puis poussé dans le fragment distal sans dépasser le foyer de fracture.

Après réduction, le clou est remonté dans le fragment proximal jusqu'à ce que la zone de rupture du clou atteigne le cartilage articulaire. A ce moment seulement l'enclume est fixée au téton de solidarisation du clou pour permettre la fixation de la poignée de l'ancillaire.

Puis le viseur est fixé et rapproché au plus près de l'os. Le fragment distal est verrouillé en premier pour assurer une stabilité mécanique optimale.

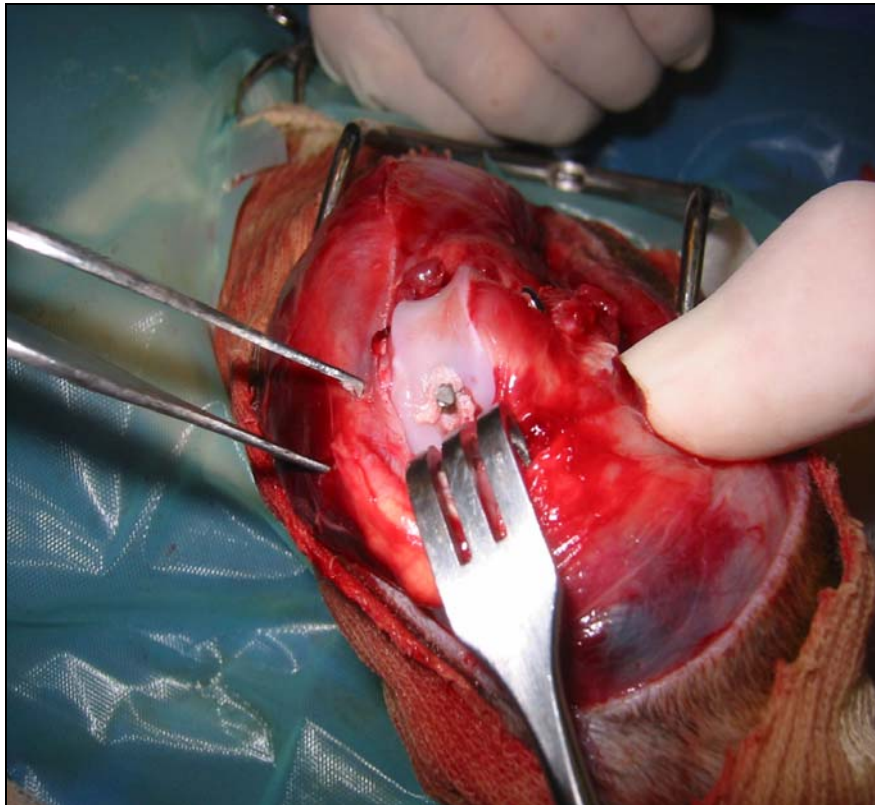
L'alignement et la rotation axiale entre le fragment proximal et le fragment distal sont contrôlés et corrigés si nécessaire. Puis le clou est verrouillé proximale (figure 18).

Figure 18 : Enclume de l'ancillaire et viseur fixés au téton de solidarisation du clou en titane de 3,5 mm lors de son introduction dans la cavité médullaire.



Après verrouillage complet, le téton est éliminé par fracture du clou en zone de rupture en imposant des contraintes de flexion au téton à l'aide de la poignée de l'ancillaire (figure 19).

Figure 19 : Clou rompu et téton éliminé par pliage au niveau de la tige.



#### d. Techniques associées

Des cerclages destinés à renforcer le fût osseux ou à ramener d'éventuelles esquilles ont pu être associés à la pose du clou. Des greffes osseuses ont parfois été nécessaires pour combler une perte de substance trop importante. Ces matériaux associés sont mis en place de la même manière que pour toute autre intervention ostéo-articulaire.

## 2. Suivi des animaux

Le suivi des animaux est un suivi à la fois clinique et radiographique. Les contrôles cliniques sont effectués à 5 et 15 jours post opératoires et lors des examens radiographiques eux mêmes



réalisés à 1, 4 et 7 mois après l'intervention. A chaque contrôle, la récupération fonctionnelle et l'évolution de la cicatrisation osseuse sont évaluées.

#### a. Evaluation fonctionnelle

La récupération fonctionnelle est évaluée sur tous les animaux lors de consultations post-opératoires à l'ENVA par réalisation d'un examen orthopédique standard tel que défini par le service de chirurgie.

Ce protocole repose d'abord sur une inspection en mouvement permettant de caractériser une éventuelle boiterie et sur une inspection à l'arrêt où sont évalués les aplombs, la répartition du poids sur les quatre membres et les profils du membre opéré.

Le membre opéré est ensuite palpé pour évaluer la position des reliefs anatomiques, l'éventuelle présence de chaleur ou de déformation et une éventuelle douleur au site de verrouillage ou en zone fracturaire. Le volume du cal est palpé pour évaluer le bon déroulement de la cicatrisation.

L'articulation du genou du membre opéré subit un examen approfondi pour mettre en évidence d'éventuels signes d'arthrose (douleur à la mobilisation, distension des récessus synoviaux ou des profils articulaires, craquements et limitation du jeu articulaire à la mobilisation).

Cet examen s'achève par une mobilisation permettant de mettre en évidence :

- d'éventuelles mobilités anormales au sein du rayon osseux opéré
- la qualité de la fonction articulaire
- l'éventuelle présence de douleur ou de crépitation
- des amplitudes de mouvement anormales ou des anomalies de mouvements physiologiques dans diverses positions du membre
- d'éventuels signes d'instabilité
- la présence d'une douleur articulaire lors de mouvements forcés.

Trois paramètres sont particulièrement évalués :

- l'appui du membre opéré à 5 jours et 15 jours post-opératoires
- une douleur lors de la mobilisation de la hanche et du genou à 1, 4 et 7 mois.
- le degré de boiterie observé sur l'animal en mouvement lors du dernier contrôle

A l'issue du contrôle clinique, la récupération fonctionnelle est estimée de la manière suivante (d'après LARIN *et al.*, 2001):

- Excellente : pas de boiterie, pas de soustraction d'appui à l'arrêt, pas de douleur articulaire
- Bonne : boiterie intermittente, légère soustraction d'appui à l'arrêt, pas de douleur articulaire
- Moyenne : boiterie intermittente, franche soustraction d'appui à l'arrêt, pas de douleur articulaire
- Mauvaise : boiterie intermittente ou franche, franche soustraction d'appui à l'arrêt et douleur articulaire

## b. Evaluation radiographique et cicatrisation osseuse

Toutes les radiographies de fémur sont réalisées dans les mêmes conditions sous deux incidences orthogonales : crânio-caudale et médio-latérale. Le matériel radiographique est identique pour tous les animaux, les constantes radiographiques sont définies par mesure de l'épaisseur de la cuisse de face et de profil à l'aide d'une réglette graduée. Les chats ne subissent pas d'anesthésie générale. La cuisse repose directement sur la cassette contenant le film radiographique. La qualité de la cicatrisation est évaluée en fonction de la méthode de MEYNARD et MAGNIN (1997). Une note est attribuée à la cicatrisation en fonction de divers critères. Le cal est considéré de mauvaise qualité si la note globale est inférieure à 10, de qualité moyenne si elle est comprise entre 10 et 20, de bonne qualité si elle est comprise entre 20 et 25, et de très bonne qualité si elle est supérieure à 25.

Les paramètres évalués pour attribuer la note sont les suivants :

○ *Axe :*

▪ **Angulation entre les fragments principaux :**

<b>de face et de profil</b>	<b>Note</b>
Rectiligne	5
Angulation 5°	3
Angulation 10°	0
Angulation 15°	-3
Angulation >15°	-5

▪ **Alignement : D= Diamètre de la cavité**

<b>médullaire</b>	<b>Note</b>
Axe d'alignement normal	0
Décalage en baïonnette	-1
Chevauchement < 1/2D	-3
Chevauchement > 1/2D	-4

○ *Espace interfragmentaire :*

- **La fente interfragmentaire** correspond à l'espace séparant les deux fragments principaux. Elle résulte d'un défaut de coaptation ou d'une perte de substance osseuse.

E = épaisseur de la corticale voisine de la fracture

MSO = manque de substance osseuse

<b>- Coaptation :</b>	<b>Note</b>
Parfaite	5
Fente interfragmentaire <E	4
Fente interfragmentaire =E	3
Fente interfragmentaire >E	0
Fente interfragmentaire dans le cal <E	-1
Fente interfragmentaire dans le cal =E	-3
Fente interfragmentaire dans le cal >E	-5

<b>- Manque de substance osseuse:</b>	<b>Note</b>
Pas de manque de substance	0
$MSO \leq 2E$	-1
$2E < MSO < 4E$	-3
$MSO \geq 4E$	-5

- **Cal :** E = épaisseur de la corticale voisine de l'os fracturé  
H = largeur maximale du cal périosté

<b>- Densité du cal interfragmentaire</b>	<b>Note</b>
Pas de cal	0
Densité nuageuse	5
Densité < os voisin	10
Densité = os voisin	15
Cal per primam	20

<b>- Volume du cal périosté</b>	<b>Note</b>
Per primam	2
Volume $H \leq E$	2
Volume $E < H \leq 2E$	1
Volume $2E < H \leq 4E$	-2
Volume $H > 4E$	-4

L'os est considéré comme cicatrisé dès l'obtention d'un cal de bonne qualité. Une fois la cicatrisation évaluée d'un point de vue qualitatif par la notation du cal, il est nécessaire de déterminer sa cinétique d'installation. La vitesse de formation du cal est appréciée à un, quatre et sept mois post-opératoires.

D'après LARIN (2001), la cicatrisation est :

- Normale quand la continuité osseuse est rétablie à 4 mois post opératoires
- Retardée quand la continuité osseuse n'apparaît qu'entre 4 et 7 mois post opératoires
- Absente quand le cal n'est toujours pas unitif au-delà de 7 mois post opératoires

Ces clichés permettent aussi d'observer si l'implant a migré au sein du fût osseux au cours du temps ou si une fracture du clou ou des vis est présente.

Les éventuels signes d'arthrose du genou du membre opéré sont évalués (pincement de l'interligne articulaire, densification sous chondrale, présence d'ostéophytes).

## II.C. RESULTATS

Les résultats de l'étude prennent en compte à la fois l'aspect technique lors de la mise en place des clous verrouillés et le suivi des patients d'un point de vue fonctionnel dans un premier temps et par la qualité de cicatrisation osseuse dans un deuxième temps.

L'articulation du genou est contrôlée à la fois lors des examens fonctionnels et des examens radiographiques.

### 1. Mise en place de l'implant

Il n'y a pas de difficultés majeures lors de la pose des clous verrouillés en titane par voie transarticulaire directe. Le clou le plus utilisé est le clou de 109 mm (cas n° 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20 et 21).

Le verrouillage le plus effectué est réalisé avec une vis distale et deux vis proximales. Soixante cinq vis sont posées au total de quatre manières différentes : une distale et une proximale (8 cas), une distale et deux proximales (10 cas), une proximale et deux distales (1 cas), deux distales et deux proximales (4 cas).

En tout, 17 cerclages sont posés sur 7 cas et 2 greffes de tissus cortico-spongieux effectuées sur 2 cas où les pertes de substance osseuse sont trop importantes.

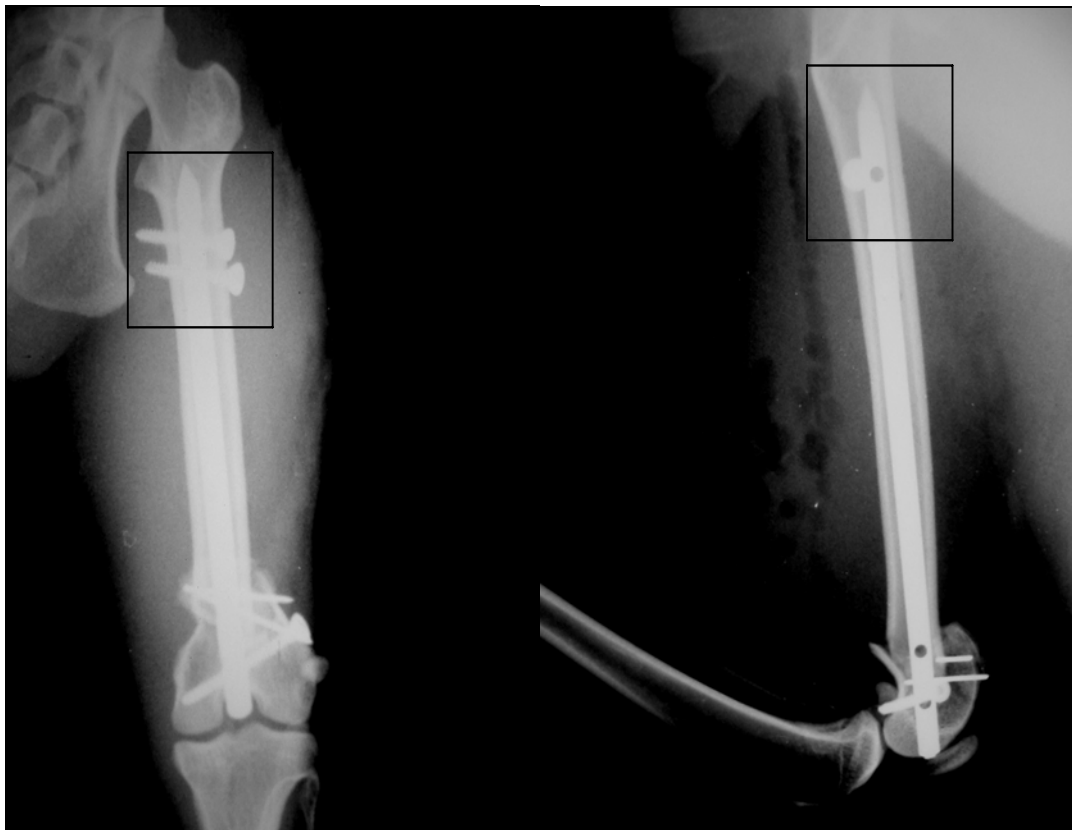
La particularité de cette technique repose sur le fait que le clou est rompu manuellement au niveau de la tige. Ce temps opératoire a été délicat sur un seul animal où la rupture du matériel ne s'est pas déroulé dans des conditions optimales. En effet, deux clous ont cassé au niveau des trous de verrouillage distaux lors du pliage et il a fallu s'y reprendre à trois fois avant d'obtenir le résultat escompté. En dehors de cet animal, il n'y a eu aucun problème lors de la pose du matériel sur les 22 autres chats.

La seconde difficulté de cette technique repose dans les erreurs de verrouillage. Il est possible en effet qu'une vis soit posée en dehors du trou de verrouillage du clou (figure 20). Cette erreur est survenue dans 2 cas sur les 23 chats opérés.

L'opérateur ne peut se rendre compte de son erreur qu'au moment de la radiographie post-opératoire du membre fracturé.

Sur les deux erreurs commises, une vis proximale ne verrouille pas dans un cas et deux vis proximales ne verrouillent pas dans l'autre.

Figure 20 : Erreur de verrouillage d'une vis proximale sur un clou verrouillé en titane par voie transarticulaire directe.



Lors des différents contrôles, aucune rupture ou migration d'implant n'est notée. Il n'y a aucune migration ou rupture de vis et les différents examens cliniques ne révèlent aucune gêne de l'animal liée à la présence du clou et nécessitant son ablation.

Tous les animaux ont conservé le matériel d'ostéosynthèse.

## 2. Types de fractures

Le type de fracture le plus couramment rencontré selon la classification de UNGER *et al.* (1990) était de type 33A3 (tableau 8).

Tableau 8 : Description des fractures et taille du fragment distal.

Animal		Fracture		
N° cas	Nom	Coté	Type	Taille du fragment distal
1	Scully	D	33A1	13mm
2	Saisai	G	33A2	14 mm
3	Sissi	D	33A2	16 mm
4	Kamel	G	33A3	15 mm
5	Pahouk	D	33A3	13mm
6	Yucca	G	33A2	13mm
7	Groomir	D	33A3	15 mm
9	Timon	G	33A3	14 mm
10	Nounouche	G	33A3	13mm
11	/	D	33A1	14 mm
12	Hermes	D	33A1	13mm
13	Tibili	D	33A2	13mm
14	Gribouille	D	33A3	15 mm
15	Jessie	G	33A2	14 mm
16	Nino	G	33A1	13mm
17	Nemo	D	33A1	16 mm
18	Titi	D	33A3	14 mm
19	Pilou	G	33A3	13mm
21	Tchatcha	G	33A2	16 mm
23	Daisy	G	33A3	15 mm

G : gauche, D : droit

Le cas 5 est opéré de fractures sur les deux membres postérieurs ; l'une est traitée avec une plaque vissée, l'autre avec un clou en titane posé par voie transarticulaire directe. Un cas



présente une fracture bifocale réduite avec le même clou (cas 23). Le cas 11 a subi une exérèse tête col en plus de l'enclouage.

### 3. Récupération fonctionnelle

Les aspects fonctionnels pris en compte lors de l'examen clinique et les résultats observés sont recensés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Présentation du suivi fonctionnel des différents cas étudiés.

Animal		Etat Clinique					
N° cas	Nom de l'animal	Appui		Douleur articulaire à la mobilisation			Boiterie au dernier contrôle
		A J+5	A J+15	A J+1mois	A J+4mois	A J+7mois	
1	Scully	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
2	Saisai	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
3	Sissi	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
4	Kamel	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
5	Pahouk	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
6	Yucca	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
7	Groomir	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
9	Timon	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
10	Nounouche	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
11	/	Aucun	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
12	Hermes	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
13	Tibili	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
14	Gribouille	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
15	Jessie	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
16	Nino	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
17	Nemo	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
18	Titi	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
19	Pilou	Aucun	Aucun	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
21	Tchatcha	Aucun	Aucun	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
23	Daisy	Début	Franc	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune

Sur les 20 cas suivis, 17 présentent un début d'appui du membre opéré 5 jours après l'opération. Trois cas présentent un retard : l'appui n'est observé qu'à partir de 3 semaines post-opératoires pour l'un d'eux qui a subi en même temps que l'enclouage une exérèse tête col, les deux autres cas sont le cas d'ostéomyélite et de pseudarthrose.

A 30 jours post-opératoires, 18 animaux contrôlés ont un appui franc ; seuls ces deux cas particuliers (ostéomyélite et pseudarthrose) ne présentent aucun appui.

A chaque contrôle effectué à 1, 4 et 7 mois après l'intervention, aucune douleur n'est relevée à la mobilisation du membre opéré ou de l'articulation du genou et de la hanche. Aucune amplitude de mouvement articulaire n'est modifiée.

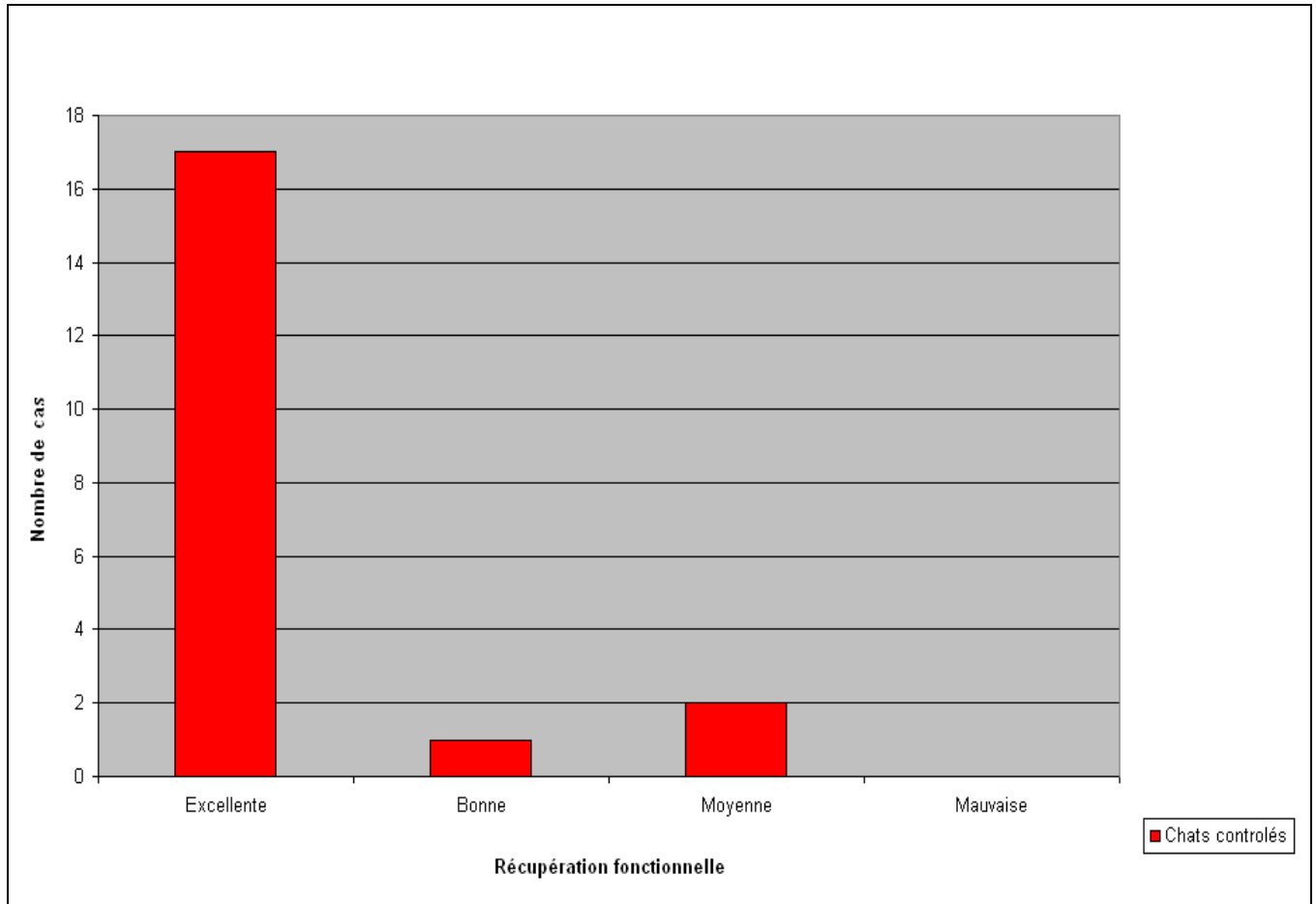
Enfin, l'examen de l'animal en mouvement au dernier contrôle ne révèle aucune soustraction d'appui du membre opéré et une bonne répartition du poids de l'animal sur ses quatre membres.

Ces résultats permettent de dire que la récupération fonctionnelle évaluée selon les critères précédemment cités est excellente pour 17 chats, bonne pour 1 chat et moyenne pour 2 chats. Aucun animal ne présente de mauvaise récupération fonctionnelle (figure 21).

D'un point de vue clinique, aucune arthrose du genou n'est observée.

Il faut noter que les chats non classés excellents sont des cas particuliers d'ostéomyélite et de pseudarthrose où les animaux présentent des affections osseuses associées aux fractures distales du fémur qui expliquent le retard de récupération fonctionnelle.

Figure 21 : Récupération fonctionnelle au dernier contrôle de 20 chats atteints de fracture distale du fémur opérés avec des clous en titane de 3,5mm par voie transarticulaire directe.



#### 4. Appréciation radiographique de la cicatrisation osseuse

##### a. Contrôle à un mois

Le tableau 10 indique le détail de la cicatrisation osseuse à 1 mois post-opératoire. Sur les 20 cas observés, d'après la méthode de codification du cal de fracture, il est possible de dire que, lors du premier contrôle radiographique, 4 chats ont un cal de très bonne qualité (cas n°1, n°6, n°7, n°14), 7 chats ont un cal de bonne qualité (cas n°2, n°3, n°9, n°12, n°13, n°16 et n°18), un chat a un cal de qualité moyenne (cas n°15), les 8 autres chats ont un cal de mauvaise



qualité (cas n°4, n°5, n°10, n°11, n°17, n°19, n°21 et , n°23). Aucune arthrose du genou n'est observée sur les clichés radiographiques.

Tableau 10 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 1 mois post-opératoire

N° Cas	Angulation		Alignement	Fente		Cal		Note
	Face	Profil		Coaptation	Substance	Interfragmentaire	Périosté	
1	5	5	0	4	0	15	-2	27
2	5	5	0	3	0	10	1	24
3	5	5	0	3	-1	15	-4	23
4	3	5	-1	-3	-1	5	-2	6
5	5	5	-1	-5	-1	5	-2	6
6	5	5	-1	5	0	10	1	26
7	5	5	0	3	0	15	-2	26
9	5	5	0	3	0	10	2	25
10	5	3	0	-3	-3	5	-2	7
11	5	5	0	-3	-1	5	-2	9
12	5	5	0	4	0	10	-2	22
13	5	5	0	4	0	15	-4	25
14	5	5	0	5	0	15	-2	28
15	5	5	-1	-5	-1	10	-2	11
16	5	5	0	3	0	10	1	24
17	3	5	-1	-3	0	5	-4	5
18	5	5	0	3	0	15	-4	24
19	0	0	-1	0	-3	5	1	2
21	3	3	-1	-1	-3	5	-2	4
23	5	5	0	-3	-1	5	-4	7

### b. Contrôle à quatre mois

Le tableau 11 indique le détail de la cicatrisation osseuse à 4 mois post-opératoires. A 4 mois, 12 cas ont une cicatrisation satisfaisante avec un cal de très bonne qualité au deuxième contrôle radiographique (cas n° 1, n°2, n°3, n°5, n°7, n°9, n°12, n°13, n°15, n°16, n°17 et n°18). Six cas présentent une cicatrisation moyenne avec une note comprise entre 10 et 20

(cas n°4, n°6, n°10, n°11, n°14 et n°23), 2 cas présentent un cal de mauvaise qualité (cas n°19 et n°21). Aucune arthrose du genou n'est observée sur les clichés radiographiques.

Tableau 11 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 4 mois post-opératoires

N° Cas	Angulation		Alignement	Fente		Cal		Note
	Face	Profil		Coaptation	Substance	Interfragmentaire	Périosté	
1	5	5	0	5	0	15	2	32
2	5	5	0	5	0	10	2	27
3	5	5	0	5	-1	15	2	31
4	3	5	-1	0	0	10	2	19
5	5	5	0	5	-1	15	2	31
6	5	5	-1	5	-1	10	-4	19
7	5	5	0	5	0	15	2	32
9	5	5	0	5	0	15	1	31
10	5	3	0	0	0	10	1	19
11	5	5	0	3	0	10	-4	19
12	5	5	0	5	0	15	2	32
13	5	5	0	4	0	15	2	31
14	5	5	0	0	0	10	-2	18
15	5	5	0	5	-1	15	1	30
16	5	5	0	5	0	15	2	32
17	3	5	-1	5	0	15	2	29
18	5	5	0	5	0	15	1	31
19	3	3	-1	0	-3	5	1	8
21	5	3	-1	-1	-3	5	-2	6
23	5	5	0	0	0	10	-2	18

### c. Contrôle à sept mois

Le tableau 12 indique le détail de la cicatrisation osseuse à 7 mois post-opératoires.

A 7 mois post-opératoires, lors du dernier contrôle, 18 cas ont un cal de très bonne qualité avec des notes supérieures à 25 et 2 cas présentent un cal de mauvaise qualité avec des notes

très inférieures à 20 (cas n°19 et n°21). Aucune arthrose du genou n'est observée sur les clichés radiographiques.

Tableau 12 : Appréciation de la cicatrisation osseuse à 7 mois post-opératoires

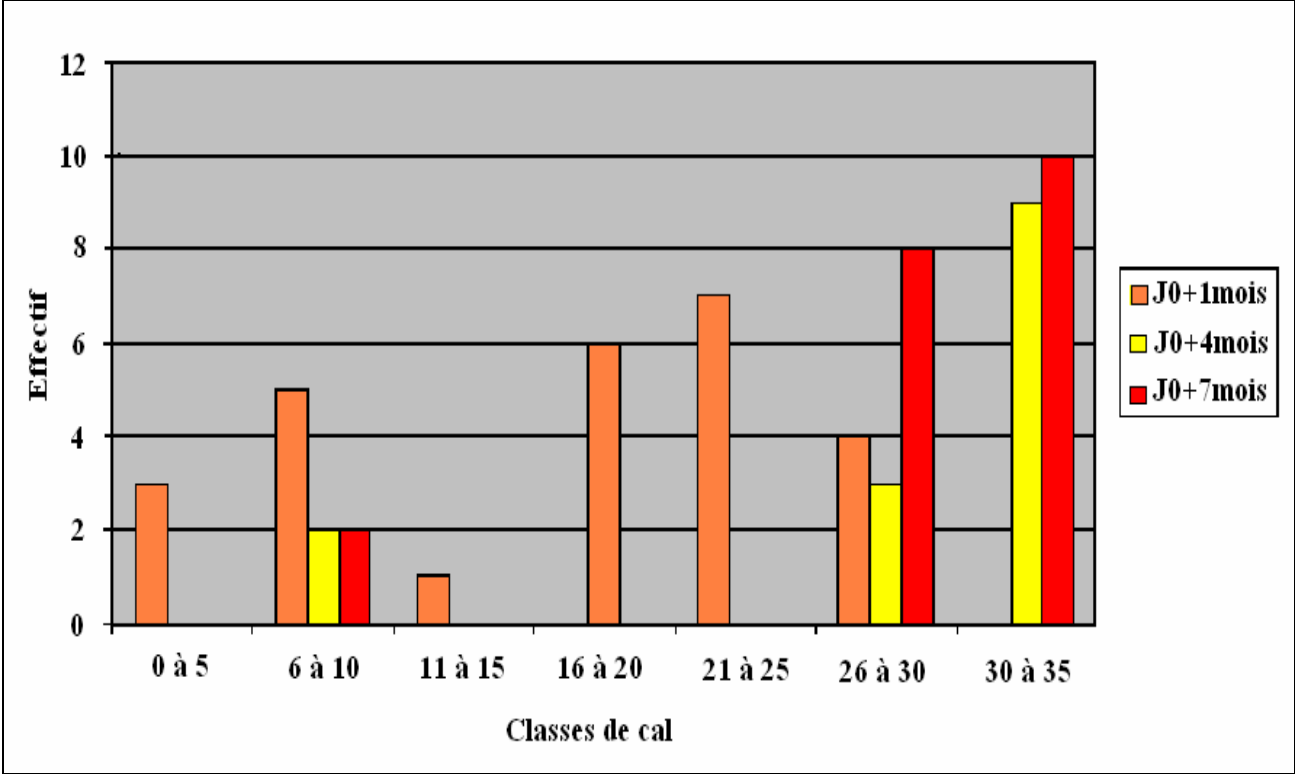
N° Cas	Angulation		Alignement	Fente		Cal		Note
	Face	Profil		Coaptation	Substance	Interfragmentaire	Périosté	
1	5	5	0	5	0	15	2	32
2	5	5	0	5	0	15	-2	28
3	5	5	0	5	0	15	2	32
4	3	5	-1	5	0	15	2	29
5	5	5	0	5	0	15	2	32
6	5	5	-1	5	0	15	-2	27
7	5	5	0	5	0	15	2	32
9	5	5	0	5	0	15	2	32
10	5	3	0	5	0	15	1	29
11	5	5	0	5	0	15	-2	28
12	5	5	0	5	0	15	2	32
13	5	5	0	4	0	15	2	31
14	5	5	0	4	0	15	-2	27
15	5	5	0	5	0	15	1	31
16	5	5	0	5	0	15	2	32
17	3	5	-1	5	0	15	2	29
18	5	5	0	5	0	15	2	32
19	3	3	-1	0	-3	5	2	9
21	5	3	-1	0	-1	5	-2	9
23	5	5	0	4	0	15	-2	27

#### d. Synthèse

La figure 22 permet de visualiser la répartition des chats en fonction des notes de cal attribuées.

Les effectifs au cours des différents contrôles évoluent vers des notes correspondant à une très bonne cicatrisation (au dessus de 25).

Figure 22 : Evaluation radiographique de la cicatrisation osseuse de 20 chats atteints de fracture distale du fémur opérés avec des clous en titane de 3,5mm par voie transarticulaire directe



Il est possible de constater que la majorité des chats ont une cicatrisation normale à moyenne jusqu'à 4 mois et une cicatrisation complète à 7 mois. Seuls deux cas ont un retard de cicatrisation. Il s'agit du cas atteint d'ostéomyélite et du cas atteint de pseudarthrose accompagné d'une lésion du nerf sciatique.





### III. DISCUSSION



### III.A. JUSTIFICATION DU CHOIX DU PROTOCOLE

Le fémur a été choisi comme site d'étude du fait de sa fréquence de fracture lors de traumatismes chez le chat ainsi que pour sa forme rectiligne et son diamètre quasi-constant qui en font un os s'adaptant bien à des techniques d'ostéosynthèse du type enclouage centromédullaire (BARONE, 1986 ; BRINKER *et al*, 1994).

L'étude a été restreinte aux fractures fémorales distales du chat car ces fractures représentent un quart de la localisation des fractures chez ces animaux et posent encore certaines difficultés thérapeutiques (SIMON, 1990).

En effet, l'enclouage centromédullaire verrouillé est retenu car les autres techniques existantes (brochage en croix, brochage de Rush, pose de plaque vissée et enclouage centromédullaire) sont insuffisantes ou difficilement réalisables pour traiter les fractures distales complexes du fémur du chat. Le verrouillage, quant à lui, permet de neutraliser les contraintes de compression et de rotation exercées au foyer de fracture (DUHAUTOIS *et* LEGEARD, 1992).

La voie transarticulaire directe, permet d'enclouer le fragment distal sur toute sa longueur et d'obtenir un appui maximal sur l'os. Elle est utilisée pour permettre le verrouillage en distal du clou que les caractéristiques anatomiques rendent impossible lors d'un enclouage centromédullaire normograde. Cette voie permet de traiter la fracture distale du fémur et laisse libre le fragment proximal dans le but de traiter d'éventuelles lésions osseuses proximales sur le même os (GRASS *et al.*, 2002).

Le clou titane utilisé dans cette étude permet de traiter les fractures distales d'os de petit diamètres pour lesquels les clous en acier inoxydable sont inadaptés. Ce matériel possède, comparé au matériel en acier, une flexibilité plus proche de celle de l'os. Sa résistance à des conditions de déformation limitée est satisfaisante (MICHON-LAURIERE, 2002).

Les qualités électrochimiques et mécaniques du titane permettent de rompre le clou au plus près du cartilage sans compromettre la fonction articulaire, ce qui est infaisable avec un clou en acier inoxydable. L'emploi de ce matériel rend possible une technique originale, l'enclouage centromédullaire verrouillé par voie transarticulaire directe, comme traitement des fractures distales du fémur chez le chat pour lesquelles aucune autre solution d'ostéosynthèse n'est réellement satisfaisante.

## III.B. ANALYSE DES RESULTATS

### 1. Morphométrie

#### a. Animaux de moins de six mois

La moyenne du diamètre fémoral du chat est de 3,9 mm de profil et de 4 mm de face chez les animaux de moins de 6 mois (MICHON-LAURIERE, 2002). Les clous verrouillés en titane sont tout à fait indiqués dans le traitement des fractures chez les jeunes chats. En effet, ils peuvent être insérés dans une cavité médullaire de faible diamètre. De plus, comme le diamètre du clou utilisé est inférieur au diamètre de la cavité médullaire, les lésions endostales sont moindres (APER *et al.*, 2003).

La moyenne de la longueur des fûts fémoraux de ces animaux étant de 82 mm, les clous de 100 et 109 mm (taille prenant en compte le téton de solidarisation) sont adaptés (MICHON-LAURIERE, 2002).

#### b. Animaux de six mois et plus

Le diamètre fémoral moyen des chats adultes est de 5,1 mm de face (MICHON-LAURIERE, 2002) ce qui fait une occupation de la cavité médullaire de 69% avec les clous en titane de 3,5 mm. Ce chiffre est en accord avec ceux décrits dans la littérature. L'occupation de 50 à 70% permet une bonne stabilité et le respect de la vascularisation lors d'enclouage centromédullaire (DE YOUNG et PROBST, 1993 ; BRINKER *et al.* , 1994). En comparaison, un clou en acier inoxydable de 4 mm aurait pour remplissage 78% de la cavité médullaire ce qui est supérieur aux normes admises.

L'enclouage de 3,5 mm est indiqué à la fois dans le traitement des animaux de moins de 6 mois et des animaux adultes. Les conditions de remplissage de la cavité médullaire sont en accord avec les conditions préconisées dans les deux cas.

## 2. Fractures

### a. Type de fracture

Sur les 23 chats de notre étude, 61% sont des fractures simples, 17% sont des fractures esquilleuses et 22% sont des fractures complexes. Le classement des fractures en fonction de leur complexité est en accord avec le classement de MEYNARD (1982) qui décrit chez le chat 42% de fractures simples, 26% de fractures esquilleuses et 32% de fractures complexes.

### b. Localisation du foyer de fracture par rapport au dessin du clou

Les clous titane présentent un trou de verrouillage proximal situé à 8 mm de la zone de section du clou. D'après MOUNY (1995), le verrouillage, pour être correct, doit s'effectuer au minimum à 5 mm du trait de fracture. Le fragment distal doit avoir en conséquence un minimum de 13 mm de longueur. Les mesures réalisées sur les radiographies dans notre étude montrent que tous les animaux répondent à ce critère.

Le dessin du clou, et plus précisément la localisation des trous de verrouillage, est donc bien adapté au traitement des fractures rencontrées puisqu'il permet un verrouillage distal situé à au moins 5 mm du foyer de fracture.

De plus, le site de rupture du clou à la base de la tige le reliant au téton de solidarisation permet, lors d'un abord par voie transarticulaire, de ne laisser aucun matériel d'ostéosynthèse dépasser dans l'articulation et compromettre la fonction articulaire.

## 3. Enclouage

### a. Technique de pose

Un avantage non négligeable de cette technique est qu'elle ne nécessite pas de matériel particulier puisque la pose de clou verrouillés en titane de 3,5 mm de diamètre utilise le même système d'enclume et d'ancillaire que la pose de clou verrouillés en acier de 4 mm. Etant simple à réaliser, elle est applicable en clientèle.

La particularité de cette étude repose dans la pose du clou verrouillé par voie transarticulaire directe. Cette technique n'est possible qu'en utilisant les clous en titane qui peuvent être enfoncés au niveau du cartilage articulaire sans léser la fonction articulaire (HERTHEL et al., 1996).

L'enclouage centromédullaire verrouillé par voie transarticulaire directe permet de résoudre les insuffisances des autres techniques d'ostéosynthèse indiquées dans le traitement des fractures distales du fémur chez le chat. La voie transarticulaire permet de stabiliser le fragment distal de manière optimale. Elle est impossible à réaliser avec des clous verrouillés en acier de 4 mm qui lors de leur section, restent trop long et entraînent des lésions articulaire lors d'un abord par le genou (JANZING et al., 1998).

La fracture fémorale distale est stabilisée par enclouage direct du fragment distal. Comme le fragment proximal reste libre, d'éventuelles lésions osseuses proximales concernant le même os (fracture du col du fémur ou luxation coxo-fémorale) peuvent être traitées conjointement (GRASS *et al.*, 2002).

Les longueurs de clous disponibles permettent de traiter des fractures bifocales du fémur en utilisant un seul clou en titane qui stabilise les deux foyers fracturaires.

Du fait de la rupture du téton de solidarisation au ras du cartilage articulaire, le retrait du matériel d'ostéosynthèse, si il est nécessaire, devient plus compliqué. Dans les études publiées, 73% des clous verrouillés restent en place (DUHAUTOIS, 2003). Aucune complication post-opératoire qui aurait justifié un retrait du matériel n'a été observée durant notre étude.

## **b. Difficultés rencontrées**

Sur un cas de l'étude, le matériel d'ostéosynthèse s'est brisé à hauteur d'un trou de verrouillage lors de la rupture du téton et il a été nécessaire de reprendre l'opération et de remplacer le clou. Ce problème de mise en place d'implant était dû à une erreur de conception du matériel d'ostéosynthèse car les clous qui ont cassé présentaient, en zone de rupture, une tige plus épaisse que les clous titane normalement utilisés.

Un point important à souligner est la difficulté que nous avons rencontrée pour obtenir un verrouillage correct des vis proximales malgré un viseur situé au plus près de l'os. Le pourcentage d'erreur de verrouillage pour notre étude concernant les vis distales est de 0% tandis que celui concernant les vis proximales est de 8% ce qui est supérieur au pourcentage d'erreur de verrouillage communément admis qui est de 4% (DUHAUTOIS, 2003).

L'extrémité proximale de l'ancillaire peut osciller cranio-caudalement, de manière faible mais suffisante, face à un trou de 2 mm de diamètre, pour entraîner des erreurs de verrouillage. Les clous mal verrouillés sont équivalents à des clous posés en montage dynamique.

### c. Résultats obtenus

L'étude portait sur 20 chats vivants dans des conditions normales de vie.

Aucune complication post-opératoire ni aucune rupture ou migration d'implant n'ont été notées sur tous les animaux opérés avec cette technique. Elle ne présente donc pas d'inconvénient notable. Aucune arthrose du genou n'a été observée fonctionnellement comme radiographiquement. Aucune intolérance vis-à-vis de l'implant n'a nécessité le retrait de celui-ci, en accord avec la bonne tolérance du titane décrite par PERREN *et al.* (1992).

La majorité des chats opérés ont pu reprendre rapidement une vie normale avec une récupération fonctionnelle bonne à excellente dans la majorité des cas à 1 mois post-opératoire et aucune boiterie observée au dernier contrôle à 7 mois. Deux cas particuliers d'ostéomyélite et de pseudarthrose consécutifs à un échec de contention antérieur ont une récupération fonctionnelle moyenne avec retard d'appui du membre opéré à 1 mois. Cet appui est correct au dernier contrôle.

La cicatrisation osseuse est satisfaisante dans la majorité des cas sauf pour les deux cas particuliers d'ostéomyélite et de pseudarthrose. Il faut noter que le retard de cicatrisation observé dans le cas de pseudarthrose peut être lié à la lésion du nerf sciatique associé qui, entraînant un retard d'appui du membre, ne permettait pas une bonne stimulation de la cicatrisation. A ce jour, ces deux animaux ont une cicatrisation tout à fait normale.



Aucun retard de cicatrisation n'a été noté pour tous les autres chats. La cicatrisation est achevée dans 18 cas sur 20 soit 90% à 7 mois post-opératoires. Dans une étude précédente, 86% des animaux avaient une cicatrisation osseuse jugée satisfaisante avec les mêmes critères à 7 mois post-opératoires (MOUNY, 1995). Il est possible de dire que la pose de clou verrouillé titane de 3,5 mm de diamètre par voie transarticulaire directe permet une cicatrisation osseuse similaire à celle obtenue avec des clous verrouillés en acier posé par voie normograde.



## CONCLUSION

Le but de ce travail était de tester la faisabilité et la fiabilité de l'enclouage centro-médullaire par voie transarticulaire directe à l'aide de clous verrouillés en titane de 3,5 mm dans le traitement des fractures distales du fémur chez le chat.

Cette étude s'est appuyée sur le suivi fonctionnel et radiographique de 20 chats opérés au service de chirurgie de l'ENVA par cette technique. Dix huit de ces animaux présentaient des fractures distales du fémur par traumatismes liés à des accidents de la voie publique ou à des défenestrations. Les chats restant étaient référés dans un cas pour une pseudarthrose fémorale suite à un échec de contention antérieur et dans l'autre cas pour une ostéomyélite apparue à la suite d'un brochage de Rush.

L'enclouage par voie transarticulaire directe n'a posé aucune difficulté lors de sa mise en œuvre. Il apporte une bonne stabilité du foyer de fracture et n'entraîne aucune rupture ou migration des implants.

La récupération fonctionnelle est précoce sur l'ensemble des animaux ayant subi l'intervention chirurgicale, excepté pour les deux cas particuliers de pseudarthrose et d'ostéomyélite dont la reprise de la fonction locomotrice a été retardée.

Le cal de cicatrisation est de bonne qualité et apparaît dans des délais acceptables pour la plupart des chats opérés. Seuls les deux cas particuliers présentent un retard de cicatrisation.

Aucune complication post-opératoire n'a été notée, en particulier au niveau de l'articulation du genou où est inséré le matériel d'ostéosynthèse.

L'emploi d'un matériel adapté aux caractéristiques du fémur de chat, en particulier chez les animaux jeunes, permet de résoudre les insuffisances des autres techniques d'ostéosynthèse sur les fractures complexes.

En conclusion, cette technique permet de traiter avec succès les fractures distales du fémur du chat. Les résultats restent contestables dans le cas du traitement des complications fracturaires.

## BIBLIOGRAPHIE

APER RL, LITSKY AS, ROE SC, JOHNSON KA. (2003) Effect of bone diameter and eccentric loading on fatigue life of cortical screws used with interlocking nails. *Am. J. Vet. Res.* **64**(5), 569-573.

BARONE R. (1986) *Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome premier : Ostéologie*. 3rd ed. Paris : Vigot Frères Editeurs.

BRINKER WO, PIERMATTEI DL, FLO GL. (1994) Fractures du fémur et de la rotule. *In : Manuel d'orthopédie et de traitement des fractures des petits animaux*. 2nd ed. Maisons-Alfort : Editions du Point Vétérinaire, 110-142.

DUHAUTOIS B. (1993) L'enclouage verrouillé en chirurgie vétérinaire : de la conception aux premiers cas cliniques. *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **28**, 657-683.

DUHAUTOIS B. (1995) L'enclouage verrouillé vétérinaire : étude clinique rétrospective sur 45 cas. *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **30**, 613-630.

DUHAUTOIS B. (2001) L'enclouage verrouillé dans le traitement des fractures du chien et du chat : étude rétrospective sur 121 cas (1992-1999). *Prat. Méd. Chir. Anim. Comp.*, **36**, 481-496.

DUHAUTOIS B. (2003) Use of veterinary interlocking nails for diaphyseal fractures in dogs and cats : 121 cases. *Vet. Surg.*, **32**, 8-20.

DUHAUTOIS B, LEGEARD F. (1992) Enclouage et cerclage. *Encyclopédie vétérinaire*, Paris, 1992, 3400-3409.

DE YOUNG DJ, PROBST CW. (1993) Methods of internal fracture . *In: SLATTER DH. Textbook of small animal surgery.* 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia : WB Saunders, 1610-1640.

ENDO K, NAKAMURA K, MAEDA H, MATSUSHITA T. (1998) Interlocking intramedullary nail method for the treatment of femoral and tibial fractures in cats and small dogs. *J. Vet. Sci.*, **60** (1), 119-122.

GRASS R, BIEWENER A, RAMMELT S, ZWIPP H. (2002) Retrograde locking nail osteosynthesis of distal femoral fractures with the distal femoral nail. *Unfallchirurg.* **105**(4), 298-314.

HERTHEL DJ, LAUPER L, RICK MC, MOODY JL, PARKS GR, HAMER EJ. (1996) Comminuted MC III fracture treatment using titanium static interlocking intramedullary nails. *Eq. Pract.*, **18** (1), 26-34.

JANZING HM, STOCKMAN B, VAN DAMME G, ROMMENS P, BROOS PL. (1998) The retrograde intramedullary supracondylar nail: an alternative in the treatment of distal femoral fractures in the elderly. *Arch . Orthop. Trauma. Surg.* **118**(1-2), 92-95.

KEMPF I, GROSSE A, LAFFORGUE D. (1978) L'apport du verrouillage dans l'enclouage centro-médullaire des os longs. *Rev. Chir. Orthop.*, **64**, 635-651.

KHARE A, MEHRA MM. (2002) Retrograde femoral interlocking nail in complex fractures. *J. Orthop. Surg.*, **10** (1), 17-21.

LARIN A, EICH CS, PARKER RB, STUBBS WP. (2001) Repair of diaphyseal femoral fractures in cats using intramedullary nails: 12 cases (1996-2000). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **219**(8), 1098-1104.

MICHON-LAURIERE F. (2002) *Etude d'un prototype de clou verrouillé en titane de 3,5 mm : application à 15 fractures fémorales chez le chat.* Thèse Méd. Vét., Alfort, n°152, 58 p.

MEYNARD JA. (1982) Fractures chez le chat. *L'animal de compagnie*, **17** (4), 295-301.

MEYNARD JA, MAGNIN G. (1997) Codification du cal de fracture. In : LATTE Y, MEYNARD JA. *Manuel de fixation externe.* Paris : PMCAC Editions, 146-150.

MOUNY V. (1995) *L'enclouage centro-médullaire verrouillé en chirurgie vétérinaire.* Thèse Méd. Vét. , Alfort, n°35, 90p.

MUIR P, JOHNSON KA. (1996) Interlocking intramedullary nail stabilization of a femoral fracture in a dog with osteomyelitis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **209**(7), 1262-1264.

PERREN SM, ALLGÖWER M, BRUNNER H, BURCH HB, CORDEY J, GANZ R *et al.* (1992) The concept of biological plating using the limited contact – dynamic compression plate (LC-DCP). *Injury*, **22** (sup. 1), 26-41.

REYNDERS P, SCHONKEN P, HHOGMARTENS M. (1990) Interlocking nail: a practical aiming device for distal screw insertion. *Acta. Orthop.Belg.* **56** (3-4), 605-608.

SIMON D. (1990) *Les fractures du fémur chez le chien et le chat : une étude rétrospective de 635 cas.* Thèse Méd. Vét. , Alfort, n°82, 139 p.

UNGER M, MONTAVON PM, HEIM UFA. (1990) Classification of fractures of long bones in the dog and the cat : introduction and clinical application. *Vet . Comp. Ortho. Trauma.*, **3**, 41-50

WHEELER JL, LEWIS DD,CROSS AR, STUBBS WP, PARKER RB. (2004) Intramedullary interlocking nail fixation in dogs and cats: clinical applications . *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* **26**(7), 531-543.

WHEELER JL, LEWIS DD, CROSS AR, STUBBS WP, GUERIN SR. (2004) Intramedullary interlocking nail fixation in dogs and cats: biomechanics and instrumentation. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* **26**(7), 519-527.



# Intérêt de la pose de clous verrouillés en titane de 3,5 mm de diamètre par voie transarticulaire directe pour le traitement des fractures fémorales distales chez le chat

GRAY Sébastien

**RESUME :** Aucune technique d'ostéosynthèse n'est réellement satisfaisante pour obtenir une bonne stabilité sur un foyer de fracture complexe quand celui-ci est situé distalement sur le fémur du chat. Ce travail, à travers une synthèse bibliographique et une étude expérimentale menée à l'ENVA sur 20 chats, a pour but de démontrer la faisabilité et la fiabilité d'un enclouage centromédullaire verrouillé effectué par voie transarticulaire directe à l'aide de clous en titane de 3,5 mm de diamètre dans le traitement de ce type de fracture. Sur tous les animaux opérés, aucune difficulté technique majeure n'est rencontrée. Les chats sont suivis à la fois cliniquement et radiographiquement à 1, 4 et 7 mois post-opératoires. La majorité présente une récupération fonctionnelle précoce et une cicatrisation osseuse normale. Seuls deux cas particuliers de fractures compliquées de lésions osseuses associées ont une reprise de la fonction locomotrice et une cicatrisation osseuse retardée. Aucun matériel d'ostéosynthèse ne migre ou ne se rompt au cours du temps. Aucune arthrose du genou ou complication post-opératoire n'est notée. Il apparaît ainsi que cette technique d'ostéosynthèse inédite en médecine vétérinaire permet d'obtenir une stabilité satisfaisante des fractures complexes du fémur chez le chat avec des résultats techniques, fonctionnels, et cicatriciels satisfaisants sur les foyers d'origine traumatique.

**Mots clés :** Clou verrouillé, enclouage, titane, voie transarticulaire directe, fracture, fémur, distal, carnivore, chat

**Jury :**

Président : Pr.

Directeur : Pr. Pascal FAYOLLE

Assesseur : Pr. Valérie CHETBOUL

**Adresse de l'auteur :**

M. GRAY Sébastien,

3, villa Herran

75116 PARIS

Benefit of 3,5 mm diameter titanium interlocking nail inserted by transarticular route in the treatment of distal femoral fractures in cats

# GRAY Sébastien

**Summary:** None of the osteosynthesis techniques is really efficient to obtain a great stability on complex distal femoral fractures in cats. The aim of this survey, containing a bibliographical synthesis and an experimental work made on 20 cats at ENVA, is to prove the feasibility and the reliability of the use of 3,5 mm diameter titanium interlocking nail inserted by transarticular route in the treatment of such fractures. No major technical difficulty is encountered for operated animals. Cats are followed with clinical and radiographic examinations made at one, four and seven months postoperative. Most of them shows an early functional recovery and a normal bone healing. Only two particular cases of fractures complicated by associated bone lesions have a late of locomotor function and bone healing. No migration or breaking of the osteosynthesis materiel is noticed. No knee osteoarthritis or postoperative complication is observed. This original osteosynthesis technique appears to bring a great stability on complex distal femoral fractures in cats with satisfying technical, functional and scar results on traumatic fractures.

**Keywords:** interlocking nail, nailing, titanium, transarticular route, fracture, femoral, distal, carnivore, cat

**Jury :**

President : Pr.

Director : Pr. Pascal FAYOLLE

Assessor : Pr. Valérie CHETBOUL

**Author's address:**

Mr GRAY Sébastien,

3, villa Herran

75116 PARIS

