



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 14318

**To cite this version :**

Maleca, David. *Etude expérimentale de l'ostéotomie de nivellement du plateau tibial chez le chat*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2015, 106 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr).

# ETUDE EXPERIMENTALE DE L'OSTEOTOMIE DE NIVELLEMENT DU PLATEAU TIBIAL CHEZ LE CHAT

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**MALECA David**

Né, le 6 novembre 1990 à Lyon (69)

---

**Directeur de thèse : M. André AUTEFAGE**

---

## JURY

PRESIDENT :

**M. Paul BONNEVIALLE**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSEESSEURS :

**M. André AUTEFAGE**

**Mme Sophie PALIERNE**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

**M. Alexis BILMONT**

Chargé de consultation à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE



**Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

**Directrice** : Mme Isabelle CHMITELIN

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 1° CLASSE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

**PROFESSEURS 2° CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

#### MAITRES DE CONFERENCES HORS-CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*  
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*  
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*  
Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

#### MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*  
M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*  
Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*  
Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*  
Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*  
Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*  
Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*  
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*  
Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*  
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*  
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*  
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

#### MAITRES DE CONFERENCES ET AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*  
M. **DAHAN Julien**, *Médecine Interne*  
Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **HERRY Vincent**, *Pathologie des ruminants*

#### ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mme **COSTES Laura**, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*  
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*



*A notre président de Thèse,*

**Monsieur le Professeur Paul BONNEVIALLE,**  
Professeur des Universités,  
Praticien Hospitalier  
*Chirurgie orthopédique et traumatologique*  
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.  
Hommages respectueux.

*A notre jury de Thèse,*

**Monsieur le Professeur André AUTEFAGE**  
Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Pathologie chirurgicale*  
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la direction de notre Thèse et a encadré ce travail.  
Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

**Mademoiselle le Docteur Sophie PALIERNE**  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Pathologie chirurgicale*  
Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de notre jury.  
Sincères remerciements

*Au membre du Jury invité,*

**Monsieur le Docteur Alexis BILMONT**  
Chargé de consultation à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Pathologie chirurgicale*  
Qui a eu la confiance et la gentillesse de me faire participer à son projet. Pour sa sympathie et tout le plaisir que j'ai eu de travailler avec lui.  
Très chaleureux remerciements.





*A mes parents à qui je dois tout. Pour m'avoir toujours inconditionnellement soutenu et m'avoir tout donné. Papa pour ton énergie à revendre, ton amour débordant et ces valeurs que tu nous transmets. Maman pour être la maman cool par excellence et cette liberté que tu m'as toujours offerte. Je vous aime.*

*A ma Chloé. L'amour de ma vie et ma meilleure amie. Pour toute cette joie que tu m'apportes. Pour notre complicité et toutes ces choses qui ne font marrer que nous. Pour les lendemains de soirée avec du vert encore plein la figure, la danse des Platypus au milieu du bush australien, tes expressions remasterisées....Pour tous ces instants magiques passés ensemble et tous les petits moments du quotidien qui deviennent géniaux avec toi. Je t'aime plus que tout.*

*A mes grands parents à qui je dois énormément. Papi Charre pour toutes ces balades à Borée, tout ce que tu as fait pour moi et toutes ces choses que tu m'as apprises. Papi Raymond pour tous ces fous rires à tes côtés, tu as toujours été un super papi et un super copain. A mes mamies pour votre gentillesse et pour votre patience à supporter avec le sourire toutes les bêtises que j'ai pu vous faire.*

*A ma famille. A mon frère pour être un brave vieux sale. A Sylvie pour être une deuxième maman de choc. A Tota et Elodie. A Nadine, à Serge pour ta finesse et quand tu mets le Hola, et à Níco. A mamie Sophie.*

*A Dominique et Michel, pour m'avoir accueilli dans la famille avec tant de gentillesse, pour leur générosité sans égal et pour tous ces gestes qui font plaisir. A Béranger pour l'épopée thaïlandaise. A la formidable famille de ma chérie qui honore la légendaire gentillesse des gens du Nord !*

*A mon Gaiou et mon Danou parce que quit à être névrosé et avoir des chiens-enfants autant l'assumer jusqu'au bout. Mes bébééééés !*

*A Noel pour sa tchatche.*

*A Jeff pour ces belles années d'amitié. Pour tes réveils paniqués post smart-jump, pour ta passion du taser et surtout pour tes chansons des crokidous !*

*A Momo pour tous ces souvenirs de prépa et ceux de véto. Pour avoir supporté l'helminthoïde et pour ta théorie des stations métros à 2h du mat'. Pour les sessions de surf et de snow trop peu nombreuses. Pour ta gentillesse et ta simplicité.*

*A Morau « the big one » pour toutes ces heures passées ensemble où tu râles derrière ton objectif ou derrière rien du tout d'ailleurs... Pour ta patience et ton intérêt pour ce que disent les autres que toi ! Pour ces perpétuels chambrages qui nous font bien marrer. Tu me fatigues mais je t'aime mon pote.*

*A H et son Dark H intérieur pour tes « naked man » improbables, pour être une blague sur pattes et le grand maître du toujours plus. Pour notre rituel shi fou mi, notre danse fusionnelle d'un soir, pour tes missions et tes convulsions. Et bien sûr pour le Cuir moustache avec son ombre Fugiko. Au-delà de tes innombrables facéties et bouffonneries, merci d'être un ami et un vrai.*

*A Langeois Comte de Montmiraille et de Papincourt ou cette bonne vieille Lange pour les intimes. Pour ton sens de l'amitié et tous ces bons moments de rigolade. Pour toutes tes vidéos à la con, ta susceptibilité et ta taquinerie. Si tu n'avais pas eu la décence de faire une année de plus on serait passé à côté d'une belle amitié ma Lange !*

*A Marou, loin des yeux mais pas du cœur. Pour le poulpe et autre délires. Pour être toujours là et toujours la même, prête à donner de ta personne en toute circonstance. Je suis content de compter quelqu'un d'aussi bien que toi dans mes amis.*

*A Pierrot la mèche pour ta gentillesse, la discrétion de ton rire tellement communicatif et tes claques de boom.*

*A Manou pour tes révélations improbables et ta gentillesse.*

*A Max Labarth, une très belle rencontre et un lourd de bovine caché.*

*A Adjo pour la JBC et la violence de nos vannes que nous seuls pouvons bien prendre. Pour ta soirée à 3000 euros qui me fera toujours marrer et le mante-religieuse style. Et n'oublie jamais : « Franssement avant sur les 3 sen soppait au moins 2 maintenant sero ! »*

*A JB pour le CLAB, les pétéchies et la luminothérapie. Et bien sûr... les PPT !*

*A Clairou pour ta naïveté trop mignonne, tes rires et ta bonne humeur.*

*A Dugland, mon hyperactif préféré. Pour la grâce de tes saumons, tes coups de têtes et tes bouffonneries.*

*A Barbier pour être un méga gros lourd sur quelques actions et se faire oublier du tableau.*

*A Duduche pour ce super accueil que tu m'as fait et pour avoir fait déborder ma cave.*

*A Marie pour ses aventures de Fizzaro.*

*A Christouche pour les kamikazes de l'extrême. A Sab pour ta finesse, à Hirsh pour ton sexy body et tes jantes alu, à Mezard pour ton pintou et tes One man*

*show. A Béber mollet d'or 2015 à Calgary, A Valoche pour nos soirées momies. A Lise, à Sochatte, à Dydoi, à Sarah à Cuquemelle pour ton inégalable Cuquemail et pour tout ce que tu as fait pour l'ENVT.*

*A Leo pour les retours magiques de boom et à Jules pour tes imitations poilantes.*

*A Emma et Flo pour votre gentillesse. A mauuuuuuuuuuuuuud, Dudule, Marylou, Paulette, Salomé, Burger, Nonne, Gozlan, Fagos, Pyv.*

*A Rominou pour son éloquution, ses malaises et l'abreuvoir.*

*A mes docs, pour avoir repêché le plus chiant des poulots du monde. A Ju pour nous avoir accompagnés de l'entrée à la sortie et pour tous ces bons moments. A Brouty pour m'avoir donné le banania et Stouf pour ses arrosages du balcon. A Jacquouille, Belouche, mamie Cheyrou, Nico, Mathias, Sophie, Hadrien, Léa et Flo. Au rempart !*

*A mes poulots. Isa, Chaussende La Bagarre, Clemchoupy, Jipé La Poule, Sebi, Clem De Hussot, Loïse, Leuleu, Derré, Natacha, Pauline, Chloé, Cyrielle Fanny et Manon.*

*Aux internes/assistants 2015, à Bastaro, à Salim pour ta gentillesse et ton calme à toute épreuve, à Rivière pour tes chambrages intempestifs, à Léobite pour ton humour, à Antoine pour sa blague ultime, aux patatas Irene et Ana, à Marion et Jennifer.*

*Au VRC, cette belle bande de copains. Aux nombreux vieux et grabataires passés avant nous. A Max, Rou, putain Romiiiiiiiin, FX, Noldou, Hugues, Françou, Bala, Boucherat... Et aux plus jeunes Rémi, Mika, Bastou le pipo, Loulou, Condemine la relève de la lourdeur, Corentin, Thibaut le roux, Derré, Jerem, Fifi, Dupont...*

*A ces supers rencontres grâce à Chloé : A Nadine et Graeme, Emilie et Melanie.*

*Aux amis de prépa qui ont beaucoup compté pour moi : à Ju, à poussinou et aux énant'.*

*Au bar du cercle pour avoir gentiment tenu mon coude toutes ces années.*

*A l'ENVT pour m'avoir offert ces si belles années. Parce que le pays du Huss, du Clakclak, des clandés et de la bière au cercle entre copains avec Patrick Sebastien ou les otaries à fond les ballons c'est à Toulouuuuuuse poulooooooot !!!*



# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	17
-------------------	----

## **PARTIE A : Données actuelles sur la rupture du ligament croisé crânial (LCCr) chez le chat**

CHAPITRE I : CONTEXTE EPIDEMIOLOGIQUE, ETIOLOGIQUE ET PATHOLOGIQUE DE LA RUPTURE DU LCCr CHEZ LE CHAT.....	19
---	----

I. EPIDEMIOLOGIE ET ETIOLOGIE.....	19
1. Origine traumatique .....	19
2. Origine d'apparence non traumatique.....	19
II. EVOLUTION DU GRASSET ATTEINT DE LCCr.....	20
1. Remaniements articulaires .....	21
2. Lésions méniscales.....	21

CHAPITRE II : BIOMECANIQUE DU GRASSET DU CHAT .....	24
---	----

I. CINEMATIQUE DU MEMBRE PELVIEN ET REPARTITION DU POIDS.....	24
II. MOUVEMENTS NORMAUX DU GRASSET .....	24
1. Mouvements de flexion et d'extension .....	24
2. Mouvements rotatoires.....	25
3. Mouvements angulaires .....	25
III. MOUVEMENTS DU GRASSET LORS DE RUPTURES DU LCCr (RLCCr).....	26
IV. BIOMECANIQUE DES MENISQUES .....	26
V. MODELISATION PASSIVE DU GRASSET.....	27
VI. MODELISATION ACTIVE DU GRASSET .....	30

1.	Forces appliquées sur le grasset à l'appui .....	30
a.	Forces exercées par les muscles dont les tendons passent par la face crâniale de l'articulation .....	30
b.	Forces exercées par les muscles dont les tendons passent par la face caudale de l'articulation .....	31
c.	Forces exercées par le muscle gastrocnémien.....	31
d.	Forces exercées par la masse du corps.....	32
2.	La poussée tibiale crâniale .....	33
a.	Conséquence d'une poussée tibiale crâniale trop importante.....	33
b.	Influence du poids sur la PTC.....	33
c.	Influence de l'angle du plateau tibial (APT) sur la PTC.....	34
d.	Autres voies d'action sur la PTC .....	35

### CHAPITRE III : TRAITEMENT DE LA RUPTURE DU LIGAMENT CROISE CRANIAL CHEZ LE CHAT .....

I.	OPTIONS THERAPEUTIQUES.....	36
1.	Traitement conservateur ou traitement chirurgical ? .....	36
2.	Traitement conservateur.....	37
II.	REVUE DES CAS DE CHATS TRAITES CHIRURGICALEMENT .....	37
1.	Stabilisation passive : Ligamentoplasties extra-capsulaires .....	38
2.	Stabilisation active : l'avancement de la tubérosité tibiale (Tibial tuberosity advancement ou TTA) .....	39
3.	Stabilisation Dynamique : Tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) et Crânial closing tibial wedge osteotomy (CTWO) .....	41

### CHAPITRE IV : PRINCIPES DE L'OSTEOTOMIE DE NIVELLEMENT DU PLATEAU TIBIAL (TPLO).....

I.	INTERET DE LA TPLO .....	43
II.	EVALUATION PREOPERATOIRE .....	44
1.	Intérêt de la mesure d'APT .....	44
2.	Radiographies préopératoires.....	44
3.	Mesures radiographiques .....	45

a.	Méthode de mesure de l'APT conventionnelle.....	45
b.	Méthodes de mesure de l'APT alternative.....	46
c.	Mesure des déformations angulaires et rotatoires.....	47
4.	Fiabilité de la mesure.....	48
5.	Prévision de l'ostéotomie.....	48
III.	INTERVENTION INTRA-ARTICULAIRE PREALABLE.....	50
1.	Intervention sur les ligaments croisés.....	50
2.	Intervention sur les ménisques.....	50
a.	Abord des ménisques.....	50
b.	Evaluation des ménisques.....	51
c.	Traitement des ménisques.....	51
d.	Relâchement méniscal.....	53
IV.	TECHNIQUE CHIRURGICALE.....	54
1.	Déroulement de la TPLO.....	54
2.	Corrections angulaires et rotatoires.....	56
3.	Association TPLO/CTWO.....	57
V.	SUIVI POST-OPERATOIRE ET COMPLICATIONS POSSIBLES.....	58
1.	Evaluation, soins et suivi post-opératoires.....	58
2.	Complications possibles.....	59

## **PARTIE B : Matériel et méthodes**

CHAPITRE I :	OBTENTION ET PREPARATION DES SPECIMENS.....	63
I.	OBTENTION DES SPECIMENS.....	63
II.	PREPARATION DES SPECIMENS.....	63
1.	Radiographie du membre nu.....	63
2.	Fixation du membre au système de liaison à la presse.....	64
3.	Mise en place des points de marquage.....	64

4.	Mise en place des systèmes de simulation de la tension musculaire .....	66
CHAPITRE II : REALISATION DES TESTS BIOMECHANIQUES .....		69
I.	REALISATION DES TESTS BIOMECHANIQUES .....	69
1.	Positionnement du membre avant la mise en charge .....	69
2.	Mise en charge .....	69
3.	Mesures photographiques .....	70
4.	Section du LCCr.....	71
5.	Réalisation de la TPLO .....	73
6.	Radiographies suivant la TPLO .....	74
CHAPITRE III : METHODES D'ANALYSE .....		76
I.	ANALYSES RADIOGRAPHIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE.....	76
1.	Mesure de l'angle du plateau tibial (APT).....	76
2.	Mesure de l'amplitude de la subluxation tibiale crâniale (ASTC).....	77
II.	ANALYSE STATISTIQUE .....	78

<b><u>PARTIE C : Résultats et discussion</u></b>
--

CHAPITRE I : RESULTATS .....		80
I.	POPULATION ETUDIEE.....	80
II.	RESULTATS EXPERIMENTAUX .....	80
1.	Vérification des angles d'ouverture des articulations par mesure radiographique .....	80
2.	ASTC en fonction de l'APT imposé .....	83
3.	ART en fonction de l'APT imposé .....	85
CHAPITRE II : DISCUSSION .....		88
I.	L'ECHANTILLON .....	88
II.	LE PROCESSUS EXPERIMENTAL.....	88



1.	Le Modèle biomécanique.....	88
a.	Le principe général.....	88
b.	Choix des angles des articulations et du poids appliqué.....	89
c.	Reproduction des forces appliquées in vivo .....	92
d.	Répétabilité des mesures et biais possible .....	92
2.	L'interprétation radiographique .....	93
a.	Adéquation entre les angles des articulations et les valeurs vérifiées radiographiquement .....	93
b.	Mesure de l'APT .....	94
c.	Mesure d'ASTC .....	94
d.	Mesure d'ART .....	94
III.	LES RESULTATS .....	95
1.	Effet de la TPLO sur la subluxation tibiale crâniale .....	95
2.	Effet de la TPLO sur la rotation tibiale.....	96
IV.	BILAN DE L'ETUDE .....	96
	<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>100</b>
	<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>103</b>

# INTRODUCTION

Le ligament croisé crânial joue un rôle crucial dans la stabilité crânio-caudale du grasset. Sa rupture entraîne une déstabilisation de l'articulation avec les troubles dégénératifs et la boiterie qu'elle implique.

Aujourd'hui bien documentée chez le chien, cette affection plus rare chez le chat a été beaucoup moins étudiée.

Cette thèse en deux parties traite de la rupture du ligament croisé crânial chez le chat. La première est une synthèse bibliographique visant à rappeler les bases des connaissances actuelles concernant cette affection et son traitement chez le chien avec les spécificités propre à l'espèce féline. Ainsi l'étude se focalise sur l'atteinte ligamentaire du chat en ajoutant des informations plus complètes provenant de l'affection rencontrée chez le chien dans le but d'avoir une compréhension globale de l'affection. On pourra ainsi extrapoler les connaissances d'une espèce à l'autre en conservant tout de même une certaine réserve.

La seconde partie est une étude expérimentale *in vitro* visant à évaluer pour le chat une méthode de stabilisation chirurgicale déjà reconnue chez le chien : l'ostéotomie de nivellement du plateau tibial (Tibial plateau levelling osteotomy ou TPLO).

**PARTIE A : Données actuelles sur la rupture du  
ligament croisé crânial (LCCr) chez le chat**

# **CHAPITRE I :**

## **CONTEXTE EPIDEMIOLOGIQUE, ETIOLOGIQUE ET PATHOLOGIQUE DE LA RUPTURE DU LCCr CHEZ LE CHAT**

La rupture du ligament croisé crânial est une affection très bien documentée chez le chien car assez fréquente. Plus rare chez le chat, il existe dans la bibliographie quelques cas cliniques rapportés isolés et très peu d'études rétrospectives. On peut suspecter que certains mécanismes intervenant dans la rupture du ligament soient similaires dans les deux espèces mais l'apport de preuves scientifiques est aujourd'hui insuffisant pour permettre une compréhension globale de cette affection chez le chat.

### **I. EPIDEMIOLOGIE ET ETIOLOGIE**

La rupture du LCCr chez le chat se conçoit en considérant une origine traumatique ou non traumatique.

#### **1. Origine traumatique**

La rupture du LCCr chez le chat a très longtemps été considérée comme une atteinte d'origine traumatique exclusivement. Le plus souvent l'anamnèse révèle un animal ayant sauté d'une hauteur importante. Elle est principalement rencontrée en association avec d'autres traumatismes généraux ou localisés au grasset. L'inverse est aussi valable, lors de lésions traumatiques multiligamentaires du grasset : le LCCr est quasiment toujours atteint. Des lésions du ligament collatéral médial, du ligament croisé caudal et des ménisques lui sont souvent associées. Ainsi on observe des lésions méniscales dans 67% des cas touchant majoritairement le ménisque médial<sup>52</sup>. Une avulsion de l'attache tibiale est possible chez le jeune pour qui l'attache et le ligament sont plus résistants que l'os lui-même<sup>35, 24</sup>.

#### **2. Origine d'apparence non traumatique**

Des animaux ayant une RLCCr peuvent être présentés sans historique de traumatisme. Ceux-ci sont en moyenne plus lourds, ce qui semble faire du poids un facteur prédisposant étayé par la biomécanique expliquant la poussée tibiale crâniale (PTC). L'âge moyen des chats présentés pour rupture non traumatique était d'environ 8,5 ans dans l'étude rétrospective d'Harasen<sup>24</sup>. L'âge moyen des chiens de moins de 15 kg

présentant une rupture d'origine dégénérative était très similaire (8,7 ans) et la plupart étaient aussi en surpoids<sup>25</sup>. Dans cette même étude, un ligament rompu sur un animal présentant une rupture bilatérale et n'ayant pas subi de trauma a été étudié à l'histologie. Des concrétions minéralisées présentes dans des zones de métaplasie chondroïde, une désorganisation des fibres de collagène ainsi qu'une augmentation du nombre de noyaux de fibrocytes ont alors été notés. Ces critères histologiques sont observés chez le chien dont une origine dégénérative supposée en partie prédisposée par certains gènes<sup>4,5</sup> entre dans l'étiologie de la RLCCr. Plusieurs facteurs ont été suspectés dans la dégénérescence pour le chien : un phénomène auto-immun, une perte acquise de la vascularisation des ligaments croisés et une fosse intercondyloire pas assez marquée<sup>35</sup>. L'épidémiologie et ce dernier argument histologique laissent à penser qu'il existe une similitude entre l'origine dégénérative du chien et la rupture chez le chat n'ayant pas subi de trauma. Cependant des études complémentaires seraient nécessaires afin de confirmer un phénomène dégénératif engendrant des RLCCr chez le chat.

Les ruptures d'origine non traumatique sont beaucoup plus fréquentes chez le chien que chez le chat. Plusieurs théories ont été avancées afin d'y répondre. Tout d'abord, le ligament croisé crânial est plus large que le caudal chez le chat à l'inverse du chien. Bien qu'il ait été démontré que les remaniements dégénératifs adviennent de manière plus importante chez le chien avec l'augmentation de leur poids, on ne peut pas attribuer la faible incidence de cette affection chez le chat à leur taille globalement moins importante car la prévalence est également élevée chez les petites races de chiens. Selon Harasen, une partie des ruptures ne seraient pas reportées car certains chats peuvent présenter une boiterie passagère se résolvant d'elle-même sans que les propriétaires ne consultent un vétérinaire.

Malgré une étude à faible puissance statistique, un lien a été suggéré entre rupture du LCCr sans trauma et cardiomyopathie hypertrophique chez le chat. Cette étude recommande donc un ECG et une radiographie thoracique comme examens complémentaires de bases lors de ce type de RLCCr. Cependant le statut thyroïdien de l'échantillon n'a pas été renseigné malgré le lien connu entre hyperthyroïdie et myocardiopathie hypertrophique du chat<sup>30, 24</sup>

## **II. EVOLUTION DU GRASSET ATTEINT DE LCCr**

Lors de RLCCr chez le chat, des remaniements et des processus dégénératifs se mettent en place. Cette évolution similaire à ce qui a été observée chez le chien suit le schéma histopathologique du développement de l'arthrose chez l'homme.<sup>40</sup>

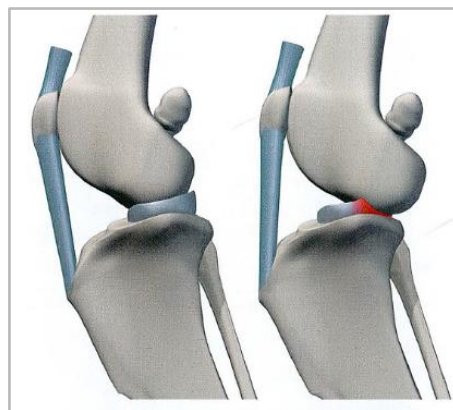
## **1. Remaniements articulaires**

Des changements dans le cartilage articulaire ont été notés dans les 6 premières semaines post rupture chez le chien. L'étude de Maitland et al. a assuré un suivi de 4 mois post transection du LCCr afin d'étudier les remaniements et leur effet sur la stabilité chez le chat. L'apparition d'ostéophytes, une perte de transparence du cartilage articulaire avec son épaissement et une augmentation de la concentration en acide hexuronique qui est un marqueur précoce d'arthrose chez les mammifères ont été observés à la fin de ce délai. Comme il le sera évoqué dans la partie biomécanique, une stabilisation du grasset se remet en place progressivement dans cette période. Cette stabilisation pouvant provenir de la mise en place de structures de soutien secondaires a été observée de manière similaire chez l'homme et chez le chien <sup>14, 41</sup>. Plusieurs processus peuvent en être la raison. Les ostéophytes apparaissant et l'épaississement du cartilage articulaire peuvent avoir un rôle stabilisateur. La stabilisation est de plus assurée en partie par le ligament collatéral médial renforcé par une fibrose de la capsule articulaire à son niveau et l'épaississement de la capsule articulaire. Malgré une restabilisation partielle, la progression de l'arthrose n'est pas arrêtée même si son apparition est plus tardive par rapport au chien. <sup>27, 40</sup>

## **2. Lésions méniscales**

Lors de RLCCr chez le chat, on retrouve dans 67% des cas des lésions méniscales. Ces lésions sont localisées au ménisque médial dans 56% des cas, localisées au ménisque latéral dans 5% des cas et sont bilatérales dans 6% des cas.

Une calcification des ménisques est fréquemment rencontrée chez le chat. - Comme évoqué dans la partie biomécanique, c'est principalement « l'effet coin » tendant à retenir le mouvement de tiroir qui est néfaste aux ménisques, tout particulièrement la corne caudale du ménisque médial qui est fermement ancrée au tibia et se retrouve coincée entre le fémur et le tibia lors de la translation (Figure 1). <sup>35, 52</sup>



*Figure 1 : Schéma de grasset en vue médiale montrant une articulation normale à gauche et une translation crâniale du tibia suite à une RLCCR <sup>35</sup>  
On peut observer la compression de la corne caudale du ménisque médial qui exerce son « effet coin »*

Les lésions méniscales doivent être traitées chirurgicalement. Il en sera question dans le chapitre suivant. On distingue les déchirures postopératoires du ménisque médial advenant après la chirurgie de traitement de la RLCCr et pouvant résulter d'une instabilité résiduelle des déchirures « latentes » présentes avant la chirurgie mais n'ayant pas été visualisées donc non traitées. Ces déchirures peuvent être responsables de boiteries persistantes se manifestant chez le chien dans les 4 mois suivant l'intervention et nécessitant une reprise chirurgicale.

Les lésions rencontrées sont principalement des déchirures longitudinales du ménisque médial, un déplacement crânial des pôles caudaux sans déchirure, des lésions compressives et elles sont à l'origine de modifications fonctionnelles et de douleur chez l'homme, le chien et par extension, probablement chez le chat.<sup>35, 52</sup>

Une classification a été mise au point afin de mieux appréhender les lésions méniscales grâce à l'arthroscopie (Figure 2).<sup>35, 72</sup>

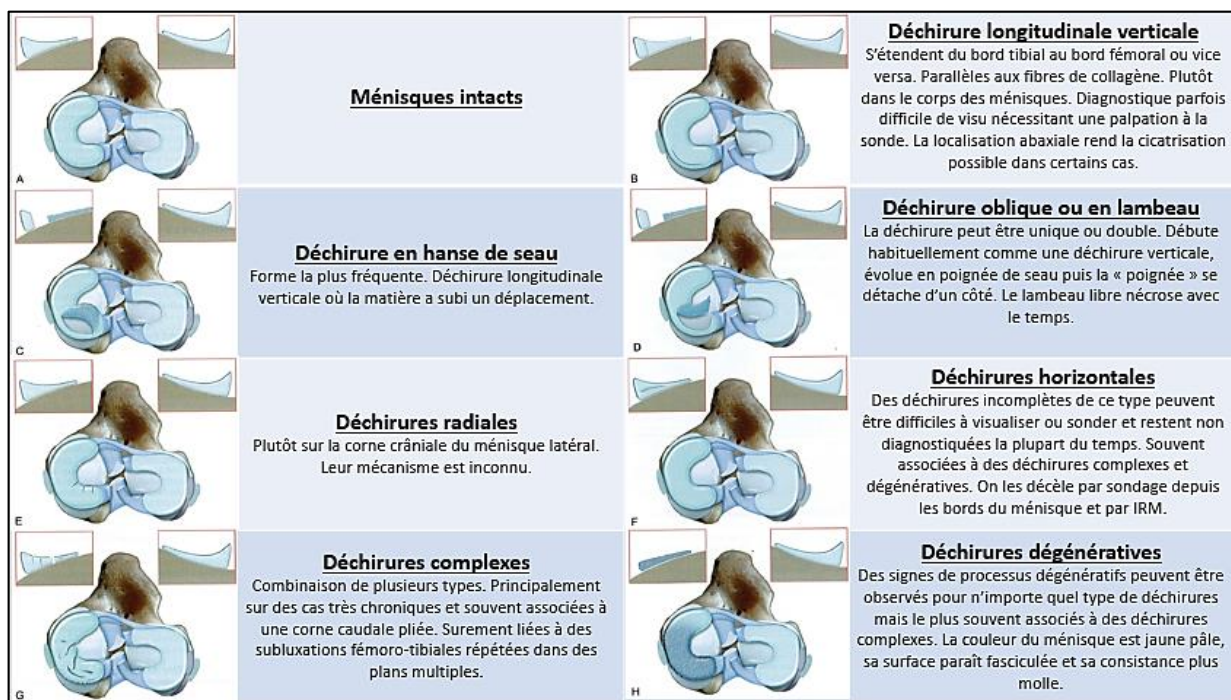


Figure 2 : Classification des lésions méniscales observables lors de RLCCr et de ses complications<sup>35</sup>

Des dommages ont lieu habituellement quand l'articulation en charge subit des mouvements combinés de flexion-rotation ou d'extension-rotation. Le LCCr s'opposant au mouvement de rotation, ces mouvements sont favorisés en cas de rupture.

La cicatrisation des ménisques est plus ou moins compromise par leur vascularisation limitée. Les zones centrales ne peuvent cicatriser.

Aucune corrélation n'a été trouvée entre les lésions méniscales lors de RLCCr et l'âge, la race, le sexe, la durée de boiterie, la présence concomitante de luxation de la patelle, le degré d'arthrose ou le côté atteint. Il a été démontré chez le chien que l'atteinte méniscale a lieu plus souvent lors de rupture complète du

LCCr et pour les animaux en surpoids. Etant donné le taux élevé d'atteintes méniscales lors de RLCCr chez le chat, une chirurgie exploratoire ou une arthroscopie et une stabilisation concomitante du grasset doivent être envisagées chez le patient félin. Même s'il a été démontré que l'examen des ménisques est plus précis par arthroscopie que par arthrotomie chez le chien <sup>35, 52</sup>, la petite taille de l'articulation rend difficile une arthroscopie chez le chat.



# **CHAPITRE II :**

## **BIOMECHANIQUE DU GRASSET DU CHAT**

### **I. CINEMATIQUE DU MEMBRE PELVIEN ET REPARTITION DU POIDS**

La majorité du poids du chat est reportée sur les membres thoraciques. Sur un animal sain, lors de la marche, environ 38.3% du poids repose sur les membres pelviens contre 48,2 % sur les membres thoraciques. La répartition entre la droite et la gauche est équitable <sup>37</sup>. Lors de la marche, la phase d'appui concerne 72 % du mouvement contre 31 % au galop <sup>61</sup>.

L'angulation des différentes articulations du membre est très variable selon les études.

Selon Carlson-kuhta et al. à l'appui, la hanche du chat est fléchie à 83°, le grasset à 120° et le tarse à 116° sur un sol horizontal. Lors du mouvement sur un sol horizontal, la flexion maximale de la hanche est de 82°, 88° pour le grasset et 101° pour le tarse. L'extension maximale en mouvement est de 135° pour la hanche, 121° pour le grasset et 140° pour le tarse <sup>10</sup>.

L'étude de McVea et al. a montré lors de la marche sur tapis roulant un angle de la hanche moyen de 65 à 95°, 78° à 112° pour le grasset et 79 à 115 ° pour le tarse <sup>42</sup>.

### **II. MOUVEMENTS NORMAUX DU GRASSET**

Même si les principaux mouvements de cette articulation sont la flexion et l'extension, une mobilité en abduction-adduction et en rotation externe-interne est possible. Des mouvements excessifs de l'articulation sont limités par des arcs réflexes stabilisant le grasset au moyen de contractions musculaires modulées en réponse aux stimulations de mécanorécepteurs et récepteurs proprioceptifs. <sup>35</sup>

#### **1. Mouvements de flexion et d'extension**

Le ligament croisé crânial (LCCr) est la structure la plus importante s'opposant à la translation crâniale du tibia par rapport au fémur (tiroir crânial) ainsi qu'à l'hyperextension. Le ligament croisé caudal (LCCa) s'oppose à la translation caudale du tibia (tiroir caudal) et secondairement à l'hyperextension. Ils jouent aussi un rôle variable dans le valgus et le varus.

Les deux ligaments croisés sont torsadés pour limiter la rotation interne mais aucun d'eux ne limite de manière importante la rotation externe. Globalement, la bande cranio-médiale du LCCr est tendue en flexion et en extension. C'est donc cette partie qui est soumise aux plus de force et qui est lésée le plus rapidement. La bande caudo-latérale est tendue en extension et relâchée en flexion. Cette dichotomie est sûrement une simplification car il a été démontré chez l'homme que la biomécanique du ligament présente des subtilités plus complexes. Pour le LCCa, la partie crâniale est tendue en flexion et relâchée en extension à l'inverse de la partie caudale.

La flexion du grasset entraîne de plus un mouvement de translation dans le plan sagittal. Les condyles fémoraux ne sont pas parfaitement ronds, ainsi lors de la flexion, ils roulent caudalement sur les condyles tibiaux, ce qui permet une légère translation crânio-caudale du tibia.<sup>35</sup>

## **2. Mouvements rotatoires**

Dans le plan transverse, tibia et fémur peuvent être en rotation. En extension, les ligaments collatéraux médial et latéral sont tendus et font office de stabilisateurs primaires limitant la rotation interne et externe. En flexion, les points d'attache tibiaux et fémoraux du ligament collatéral latéral se rapprochent et celui-ci se détend. En revanche le ligament collatéral médial reste tendu en permanence excepté pour une petite partie du bord caudal qui se relâche à la flexion.

Le relâchement du ligament collatéral latéral et la tension du médial en flexion autorise alors au condyle fémoral latéral une translation caudale sur le condyle tibial latéral. Cette translation entraîne donc une rotation interne du tibia par rapport au fémur lors de la flexion. A l'inverse, en extension le ligament collatéral latéral se retend et ramène le condyle fémoral latéral crânialement par un mouvement de rotation externe du tibia. Ces mouvements de rotation sont appelés chez l'homme le « screw home mechanism » ou oscillation de retour.<sup>35</sup>

## **3. Mouvements angulaires**

Le grasset est aussi capable de subir physiologiquement de légers mouvements de varus et de valgus. En extension complète le ligament collatéral médial limite le valgus et les ligaments collatéral latéral et croisé crânial limitent le varus.

Pour un angle de flexion de 90°, les quatre ligaments collatéraux et médiaux limitent le valgus. Pour ce degré de flexion, le varus est aussi limité par ces ligaments à l'exception du collatéral médial.<sup>35</sup>

### **III. MOUVEMENTS DU GRASSET LORS DE RUPTURES DU LCCr (RLCCr)**

Lors de la RLCCr, celui-ci ne peut plus remplir son rôle majeur qui est de s'opposer à la translation crâniale de l'extrémité proximale du tibia et on peut alors observer un mouvement de tiroir crânial. Maitland et al ont démontré chez le chat un avancement moyen du tibia par rapport au fémur de 6 mm lors d'une flexion de 30° du grasset et de 3 mm pour une flexion de 90°. Pour une force de traction crâniale de 15 N exercée sur la partie proximale du tibia, les déplacements crâniens moyens sont alors respectivement de 8 et 5 mm. Une diminution de ces valeurs se met en place progressivement avec le temps. Ainsi à 30° de flexion l'avancement passe de 8 à 4 mm en moyenne 4 mois après la rupture. De même à 90° et pour une force de traction de 15 N, l'avancement passe de 5 à 2 mm en 4 mois.

La résistance au tiroir antérieur s'affaiblit brutalement après la rupture du LCCr puis ré-augmente aussi progressivement.

Cette étude a mis en évidence, suite à la RLCCr, une rotation interne du tibia lors d'extension du grasset. On peut observer une rotation de 16° en moyenne pour une flexion du grasset de 30° mais pas lorsque le grasset est fléchi à 90°.

On a donc d'abord une déstabilisation notamment crânio-caudale et rotatoire du grasset lors de rupture partielle ou totale du LCCr puis une restabilisation partielle évoluant de manière progressive et non linéaire qui se met en place. Cette restabilisation est due à des remaniements se faisant dans les structures péri-articulaires et par des renforcements des structures de soutien normalement secondaires dans la stabilité crânio-caudale et rotatoire.<sup>40</sup>

Visiblement non étudié à ce jour chez le chat mais documenté chez le chien, la RLCCr entraîne une instabilité pour le valgus et le varus qui tend aussi à se corriger partiellement et progressivement<sup>66</sup>.

Le ménisque médial, grâce à son « effet coin » s'oppose lui aussi en partie au tiroir antérieur<sup>35</sup>.

### **IV. BIOMECANIQUE DES MENISQUES**

Les ménisques ont une fonction essentielle dans l'amorti et la répartition du poids sur les surfaces articulaires, l'absorption des chocs et la stabilité de l'articulation. Lorsque des forces compressives ne sont pas appliquées sur l'articulation, ils évitent le contact entre les surfaces articulaires en les préservant..

Les ménisques amortissent 40 à 70 % de la charge appliquée au grasset<sup>36</sup>. Lorsque le grasset est en charge, le contact entre les condyles fémoraux et les ménisques augmente. Les ménisques s'écrasent et la surface de contact est plus large donc mieux répartie ce qui diminue les efforts appliqués sur les cartilages articulaires en évitant des pics de pression trop importants. Ce rôle a été démontré en retirant la corne caudale du ménisque médial. L'hémiméniscectomie a entraîné une pression beaucoup plus importante que

la normale, localement, au niveau du condyle tibial médial <sup>49</sup>. Il est bien connu qu'une ménisectomie peut engendrer des dégénérescences du cartilage articulaire en raison de trop grandes forces de compression appliquées localement. Cette capacité d'absorption des ménisques est liée à leur structure macro et microscopique ainsi qu'à leur ancrage osseux. Différents modèles ont montré que les ménisques absorbent l'énergie grâce à leur élongation en réponse à la charge appliquée. Lors de la charge, ils s'étendent vers la périphérie de l'articulation grâce à l'élongation des fibres de collagène concentriques. Ces forces sont alors transmises au tibia par l'intermédiaire des attaches crâniale et caudale du ménisque. On comprend ainsi l'importance de l'intégrité de toutes les structures du ménisque pour assurer sa fonction de transmission des forces. Il a été démontré qu'une transection du ligament ménisco-tibial caudal du ménisque médial engendre localement une hausse de pression de 140 % et réduit de 50 % la surface de contact. <sup>3</sup>

En apportant des surfaces concaves aux surfaces articulaires convexes s'affrontant, les ménisques assurent la congruence entre les condyles fémoraux et le plateau tibial. Leur corne caudale proéminente surélève la partie caudale du plateau tibial et diminue sa pente. Lors de lésions du LCCr, le pôle caudal des ménisques agit comme un coin s'opposant à la translation caudale du tibia jouant un rôle important dans la stabilité de l'articulation. Cependant, lors de LCCr, des contraintes supérieures à la normale leur sont appliquées, ce qui favorise l'apparition de déchirures. Sur un grasset non lésé, l'exérèse d'un ménisque entraîne une translation très minime du tibia, ce qui montre le rôle secondaire des ménisques dans la stabilité crânio-caudale du grasset lorsque le LCCr est intact. L'effet coin a donc un rôle important dans la stabilité lors de lésions du LCCr mais pas sur un grasset sain. Cependant cette compensation est délétère pour les ménisques lorsque l'instabilité n'est pas traitée. Il a été démontré que la technique d'ostéotomie de nivellement du plateau tibial (« tibial plateau levelling osteotomy » ou encore « TPLO ») palliait ce risque en annulant la compensation assurée par les ménisques. L'effet coin diminue alors comme sur un grasset sain donnant à cette intervention chirurgicale un effet protecteur sur les ménisques <sup>48</sup>. Cette effet protecteur semble cependant valable sur la marche en ligne droite seulement car des lésions méniscales consécutives à des mouvements de rotations notamment adviennent malgré la TPLO <sup>65</sup>. <sup>35</sup>

## **V. MODELISATION PASSIVE DU GRASSET**

Bien qu'incomplet, ce modèle est un premier abord intéressant dans la compréhension de la biomécanique du grasset. Il modélise une articulation ne pouvant se mouvoir que dans un unique plan sagittal selon la flexion ou l'extension sans aucun frottement.

En 1993, Slocum et al. ont proposé un modèle simple où quatre barres liées contrôlent les mouvements de l'articulation : le LCCr, le LCCa, la portion du fémur séparant les points d'insertion proximaux de ces ligaments et la portion du tibia séparant leurs points d'insertion distaux (Figure 3). <sup>59</sup>

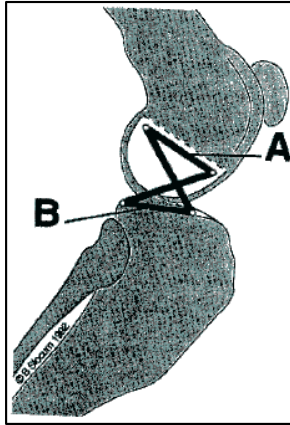


Figure 3 : Modélisation passive du grasset : Barres de liaison contrôlant les mouvements du grasset <sup>59</sup>  
 A est le segment séparant les insertions proximale des ligaments croisés et B les insertions distales

On considère les ligaments croisés comme seuls éléments de liaison entre le fémur et le tibia. C'est la longueur des ligaments qui impose alors la distance séparant le tibia et le fémur. On caractérise ce modèle de passif car la stabilité du genou est assurée de manière passive par les ligaments croisés uniquement. Ils limitent à eux seuls l'amplitude de la flexion et de l'extension ainsi que l'apparition de mouvements décalés par rapport au plan sagittal. Ce modèle permet alors de comprendre aisément que lors d'une RLCCr, une translation crâniale du tibia par rapport au fémur va s'opérer (Figure 4). <sup>59</sup>

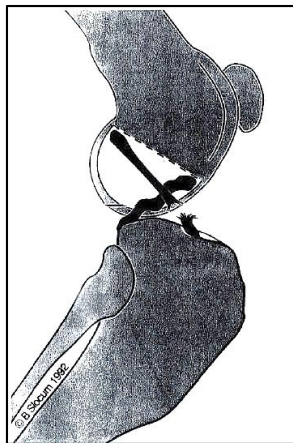


Figure 4 : Rupture du LCCr et mouvement de tiroir antérieur <sup>59</sup>

Dans ce modèle simple, la flexion du grasset est limitée par le contact entre les muscles caudaux au tibia et au fémur le mouvement ne pouvant pas être stoppé par les ligaments croisés qui ne sont pas tendus au maximum (Figure 5). <sup>59</sup>

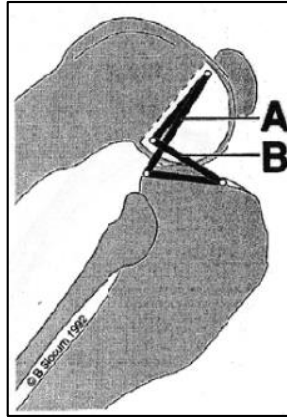


Figure 5 : Flexion du grasset et modélisation passive <sup>59</sup>  
A est le LCCa et B le LCCr

L'extension est limitée par la butée du LCCr contre le fond de la fosse intercondyloire du fémur (Figure 6). <sup>59</sup>

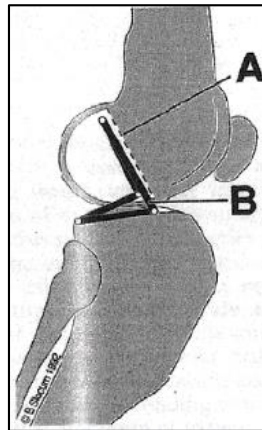


Figure 6 : Extension du grasset <sup>59</sup>  
A est la fosse intercondylienne du fémur et B le LCCr

Lors d'une hyperextension, le LCCr est étiré car la distance entre ses insertions proximale et distale est supérieure à la taille maximale du ligament en tension et celui-ci risque la rupture. On peut expliquer avec ce modèle les cas de rupture traumatique par hyperextension. Non documenté à ce jour chez le chat, il a été démontré que certaines races de chiens ayant naturellement une extension du grasset supérieure à la moyenne sont prédisposées à la RLCCr par usure chronique <sup>44, 59</sup>

Ce modèle voit cependant plusieurs limites dans l'explication d'autres mécanismes menant à des RLCCr. Il n'explique pas les ruptures partielles ou totales apparaissant fréquemment chez des animaux dont la conformation du grasset présente une amplitude d'extension normale sans processus dégénératif ni commémoratif de traumatisme pouvant engendrer une hyperextension exagérée. De plus ce modèle ne peut expliquer ni la présence de lésions sur le ménisque médial qu'on observe lors de RLCCr, ni les récurrences observées lors de ligamentoplasties.

Il convient pour expliquer ces lacunes de considérer un modèle plus complexe dit « actif » prenant en considération d'autres facteurs intervenant dans la biomécanique du grasset. <sup>59</sup>

## **VI. MODELISATION ACTIVE DU GRASSET**

Cette modélisation ajoute à la précédente la considération des forces exercées par les muscles et le poids du chat appliqué sur le grasset. Henderson et al. <sup>26</sup> ont décrit le test de compression tibiale consistant à fléchir l'articulation du jarret en maintenant le grasset en flexion moyenne comme test diagnostique de la RLCCr. Lorsqu'il est positif, on observe un mouvement de tiroir crânial. Ce test reproduit en fait simplement les forces qui s'appliquent naturellement sur le grasset lors de l'appui et engendre un tiroir de la même manière qu'il peut avoir lieu lorsque l'animal est debout. <sup>26</sup>

### **1. Forces appliquées sur le grasset à l'appui**

A l'appui, le grasset est soumis à des forces provenant de la traction musculaire mais aussi du poids de l'animal.

#### **a. Forces exercées par les muscles dont les tendons passent par la face crâniale de l'articulation**

Ces forces concernent les muscles de l'avant de la cuisse dont le principal est le quadriceps fémoral. La contraction de ces muscles exerce une traction crânio-proximale sur le tibia par l'intermédiaire du tendon quadricipital et du tendon patellaire. Leur action s'oppose donc au LCCr (Figure 7). <sup>26</sup>

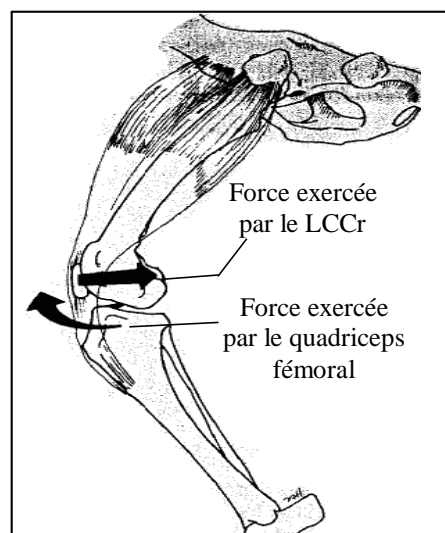


Figure 7 : Traction crânio-proximale exercée par le quadriceps fémoral sur le tibia <sup>26</sup>

b. Forces exercées par les muscles dont les tendons passent par la face caudale de l'articulation

Ce sont les forces engendrées par les muscles de l'arrière de la cuisse, principalement le biceps fémoral, le gracile, la bande caudale du semi-membraneux et la bande caudale du sartorius qui s'insèrent distalement sur la face caudale du tibia sous le grasset. La contraction de ces muscles exerce une traction postérieure sur l'extrémité proximale du tibia. L'action de ces muscles est donc agoniste de celle du LCCr. (Figure 8).

26

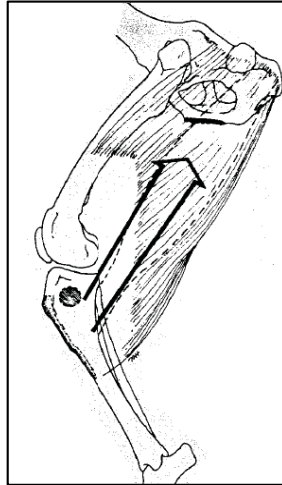


Figure 8 : Traction postérieure exercée par les muscles de l'arrière de la cuisse sur le tibia <sup>26</sup>

c. Forces exercées par le muscle gastrocnémien

Le muscle gastrocnémien est situé sur la face caudale du tibia. Il s'insère proximale sur la face postérieure du fémur proche de l'articulation et distalement par l'intermédiaire du tendon calcanéen commun sur le calcanéum. Sa contraction provoque l'extension du jarret lorsque le membre est au soutien et une légère flexion du grasset qui s'accompagne d'une traction postérieure sur l'extrémité distale du fémur à l'appui. La contraction du gastrocnémien est donc antagoniste de l'action du LCCr à l'appui (Figure 9).

58

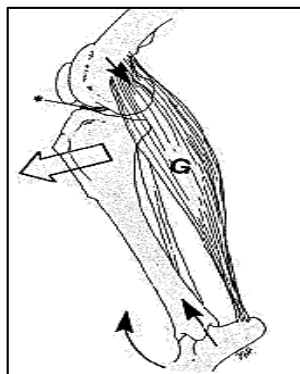


Figure 9 : Traction postérieure exercée par le muscle gastrocnémien (G) sur le fémur lors de l'appui <sup>26</sup>



#### d. Forces exercées par la masse du corps

Le poids de l'animal est directement proportionnel à sa masse. La direction de cette force est perpendiculaire au sol et son sens orienté vers le bas. Elle est transmise en partie au plateau tibial par le fémur. Le plateau tibial n'est pas perpendiculaire à l'axe fonctionnel du tibia chez le chat et le point de contact entre les deux surfaces articulaires se situe crânialement à cet axe. En raison de cette configuration anatomique, une partie du poids du chat génère une force à partir du point de contact entre les deux os orientée non pas verticalement mais crânio-distalement.

On peut de plus décomposer cette force en une force compressive de direction identique à l'axe fonctionnel du tibia et une force dirigée crânialement perpendiculaire à l'axe fonctionnel engendrant une poussée crâniale de l'extrémité proximal du tibia formant une partie de la **poussée tibiale crâniale** (Figure 10). Cette poussée crâniale peut expliquer à elle seule le tiroir antérieur observé suite à une lésion du LCCr lors de l'appui ou lors du test de compression tibiale. <sup>58</sup>

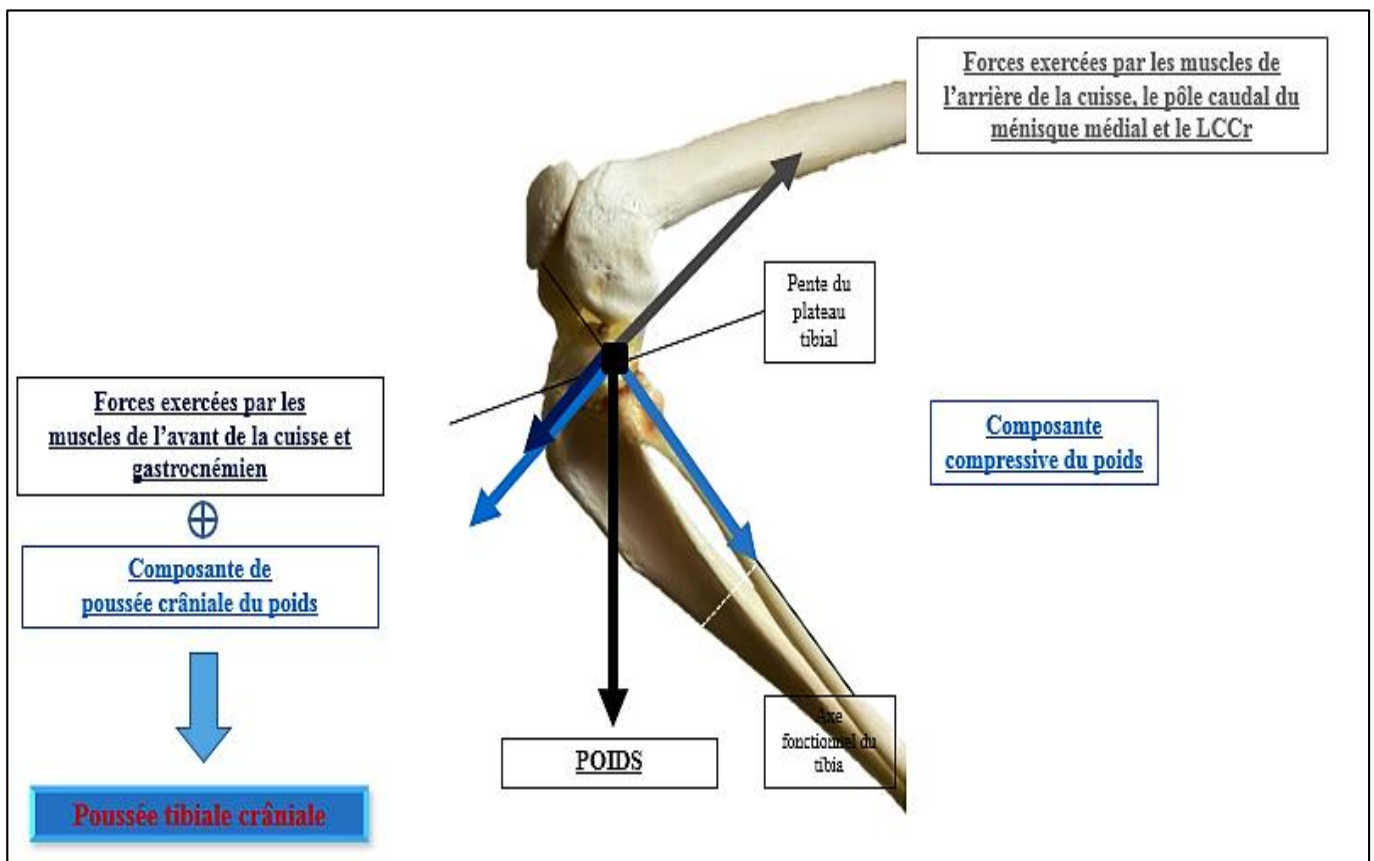


Figure 10 : Bilan des forces agonistes et antagonistes à la poussée tibiale crâniale et composante compressive issue du poids appliquées sur le plateau tibial lors de l'appui

## **2. La poussée tibiale crâniale**

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, une force dirigée crânialement émerge des contractions musculaires et du poids du chat appliqués au niveau du plateau tibial. Ces forces tendant à faire translater crânialement l'extrémité proximale du tibia sont à l'origine de la **poussée tibiale crâniale** (PTC). L'analyse de cette force est nécessaire afin de comprendre l'origine de certaines lésions du LCCr. De plus, sa modification est le fondement même du principe de la TPLO, le sujet de notre étude.<sup>18, 35</sup>

### **a. Conséquence d'une poussée tibiale crâniale trop importante**

La PTC, partie intégrante du modèle biomécanique actif du grasset explique certaines RLCCr non explicables avec le modèle passif. Certains cas peuvent provenir d'une PTC trop importante contribuant à la dégradation progressive du LCCr.

Le LCCr est fonctionnellement directement opposé à cette poussée crâniale. Ainsi, plus la PTC est importante et plus le ligament est sollicité. Lors de rupture partielle ou complète du LCCr, la lutte contre la poussée tibiale crâniale est donc une bonne voie d'action. En effet, si l'on supprime ou diminue la PTC, le LCCr est préservé s'il est simplement lésé, évitant alors une rupture totale car il est moins sollicité. Si celui-ci est rompu, il n'est alors plus nécessaire de remplacer sa fonction par une ligamentoplastie car il devient inutile dans l'opposition au tiroir crânial.

Certains échecs chirurgicaux peuvent être éclairés en considérant cette force. Si l'on pose des prothèses ligamentaires sur un grasset soumis à une force de poussée trop importante, on guérit l'animal transitoirement mais on n'enraye pas le problème de base. Les prothèses peuvent être usées progressivement et rompre à leur tour si la PTC n'est pas diminuée.

La PTC explique par ailleurs pourquoi on observe des lésions du ménisque médial lors de RLCCr. Celui-ci étant fermement attaché au ligament collatéral médial et à la capsule articulaire, le ménisque avance avec le tibia et la corne postérieure se retrouve écrasée par le condyle fémoral médial. De par « l'effet coin » joué par son pôle caudal détaillé précédemment, le ménisque médial participe à la stabilité crânio-dorsale du grasset en retenant le tibia. En contrepartie pour ce ménisque, une sollicitation accrue et répétée peut mener à une déchirure.

En isolant chaque paramètre participant à cette force on peut envisager plusieurs moyens de traiter la rupture ou de limiter l'usure du LCCr.<sup>18, 35</sup>

### **b. Influence du poids sur la PTC**

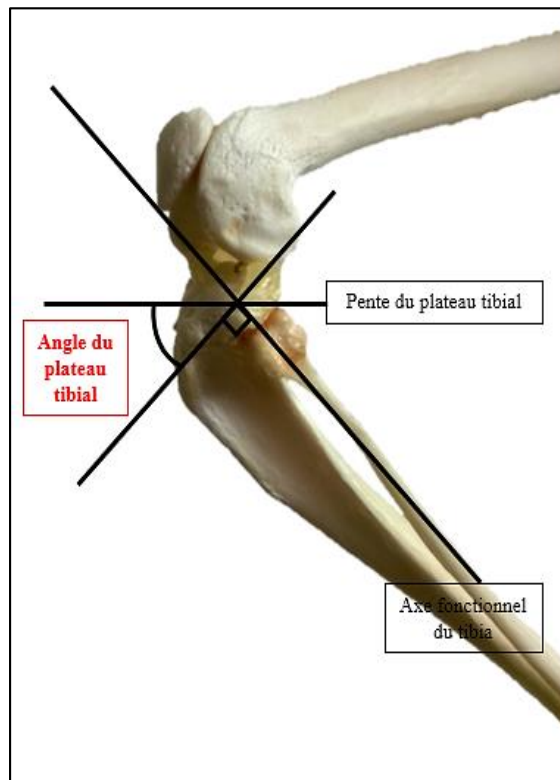
En diminuant la masse de l'animal, on réduit directement la norme du poids (valeur quantifiable du vecteur force) et par conséquent, celle de la PTC. Il a été démontré chez le chien qu'une diminution de la masse

corporelle était bénéfique en cas de rupture partielle ou totale du LCCr et dans la prévention de la rupture.

19

c. Influence de l'angle du plateau tibial (APT) sur la PTC

L'**angle du plateau tibial** représente directement sa pente. Il s'agit de l'angle formé par la droite passant par le plateau tibial et la droite perpendiculaire à l'axe fonctionnel du tibia.



*Figure 11 : Angle du plateau tibial*

En modifiant, la pente du plateau tibial, on diminue la PTC. C'est sur ce principe que repose la TPLO ou d'autres ostéotomies modifiant la pente du plateau tibial. Pour cela, Slocum et al. ont démontré chez le chien que plus la pente du plateau tibial est élevée et plus la PTC est importante <sup>58</sup>.

Il a été démontré chez le chat que les animaux ayant subi une RLCCr ont un angle du plateau tibial plus élevé que les animaux sains (environ 25° de moyenne contre 22°). Malgré cette tendance à laisser entendre l'APT comme facteur prédisposant à la rupture, ce dernier point n'a pas été démontré de manière claire à ce jour. Cet angle présente une variabilité interindividuelle sans effet de l'âge, du sexe ou du poids du chat. Il est aussi physiologiquement identique entre le membre droit et le gauche. <sup>56</sup>

d. Autres voies d'action sur la PTC

Un autre moyen de diminution de la PTC peut être d'agir sur les forces musculaires qui s'appliquent par l'intermédiaire des tendons quadricipital et patellaire. On convertit alors les composantes crâniales dirigées perpendiculairement à l'axe fonctionnel du tibia afin de limiter la PTC. Il s'agit du principe de l'avancement de la tubérosité tibiale.<sup>18, 35</sup>

# CHAPITRE IV : TRAITEMENT DE LA RUPTURE DU LIGAMENT CROISE CRANIAL CHEZ LE CHAT

Le traitement chirurgical du LCCr regroupe de nombreuses méthodes appliquées chez le chien. La fréquence de cette affection dans cette espèce explique l'intérêt porté dans le milieu de la chirurgie orthopédique. A la différence du chien pour lequel de nombreuses études ont été publiées, les données bibliographiques concernant le traitement chirurgical de la RLCCr chez le chat se résument à quelques cas cliniques rapportés avec une unique étude rétrospective.

## **I. OPTIONS THERAPEUTIQUES**

En raison du peu de données bibliographiques que nous possédons à ce jour concernant le traitement de la LCCr chez le chat, le choix thérapeutique n'est pas aisé pour le praticien confronté à cette affection. Cette partie résume les données actuelles concernant le traitement de la RLCCr du chat.

### **1. Traitement conservateur ou traitement chirurgical ?**

En 1987, Scavelli et al. publient une étude rétrospective sur 18 chats atteints de RLCCr traités de manière non chirurgicale. Les animaux ont été enfermés à l'intérieur, leur activité a été limitée et leur alimentation contrôlée visant une perte de poids lorsque cela était nécessaire. Un traitement anti-inflammatoire non stéroïdien avait été apporté en complément. Selon l'étude, malgré des remaniements articulaires et de l'arthrose visualisés dans plus de 80% des cas et une persistance du tiroir antérieur, tous les chats semblaient récupérer des mouvements normaux sans boiteries au bout de 4,8 semaines en moyenne dans un intervalle de 1 à 16 semaines avec une absence d'amyotrophie apparente. Ce traitement est d'autant facilité par le gabarit des chats rendant le confinement aisé. Cette étude a déterminé la prise en charge des chats atteints de RLCCr pour la vingtaine d'années suivante, souvent citée pour les recommandations de traitement lors de RLCCr du chat. Le traitement chirurgical était ainsi très peu utilisé. Le choix du traitement mis en place était donc fondé sur une base de connaissances très limitée.<sup>24, 54</sup>

L'indication chirurgicale était réservée aux cas où une boiterie persistait après 8 semaines de traitement conservateur<sup>39</sup>. Cependant des études plus récentes ont montré une rémission plus rapide et la diminution des lésions dégénératives grâce à la stabilisation chirurgicale. Les travaux d'Harasen sur 17 chats ont

montré un retour à une motricité normale en une période d'environ 16,3 jours lors de traitement chirurgical par reconstruction ligamentaire et/ou mise en place de prothèse ligamentaire pour les animaux ayant subi une rupture non-traumatique. D'autres études ont montré une rémission dans les 30 jours suivant l'opération<sup>23, 54, 63</sup>. A ce jour, aucune étude n'a comparé l'efficacité du traitement chirurgical par rapport au traitement conservateur. Le traitement chirurgical semble offrir une récupération plus rapide et des remaniements articulaires arthrosiques moins intenses. Même si au long terme, les résultats cliniques semblent similaires entre les deux méthodes, les données actuelles de la bibliographie semblent donc orienter vers la stabilisation chirurgicale en première intention.<sup>24</sup>

## **2. Traitement conservateur**

Le traitement conservateur vise à limiter au maximum les contraintes exercées sur le grasset afin de faciliter la mise en place de sa restabilisation. On limitera alors, entre autre, la poussé tibiale crâniale. L'étude de Scavelli et al. a montré l'efficacité du confinement en limitant l'activité des chats ainsi que la perte de poids chez les animaux obèses avec un traitement anti-inflammatoire non-stéroïdien. Dans cette étude, le confinement complet a duré un mois avec un retour progressif à l'activité sur deux semaines en laissant l'animal enfermé à l'intérieur mais en lui offrant la possibilité de faire de l'exercice petit à petit. A la fin des 6 semaines de restriction, le chat peut de nouveau avoir accès à l'extérieur s'il ne manifeste pas de boiterie. Un suivi doit être proposé au propriétaire concernant la nutrition de son chat lorsque celui-ci est en surcharge pondérale afin de faciliter la perte de poids.<sup>54</sup>

## **II. REVUE DES CAS DE CHATS TRAITES CHIRURGICALEMENT**

Avant l'étude de Scavelli de 1987<sup>54</sup> conseillant un traitement conservateur lors de rupture du LCCr chez le chat, retardant ainsi la progression dans le traitement chirurgical, quelques cas chirurgicaux avaient été reportés avec de bon résultats<sup>1, 13, 53</sup>. L'opération proposée était principalement la stabilisation passive extra-articulaire.

## 1. Stabilisation passive : Ligamentoplasties extra-capsulaires

Les méthodes de stabilisation passive sont des méthodes chirurgicales de ligamentoplastie visant à reproduire de manière artificielle la fonction du LCCr devenu défaillant. Le problème majeur est que le traitement apporte simplement un remplacement de la fonction ligamentaire sans intervenir sur les facteurs biomécaniques responsables du tiroir antérieur autres que les forces de traction caudales du LCCr. La prothèse et sa fibrose périphériques sont soumises aux mêmes forces que le ligament qui a rompu, ce qui peut expliquer certains échecs. Plusieurs techniques sont utilisées où l'intervention peut se faire dans la capsule articulaire ou à l'extérieur.<sup>11</sup>

La méthode la plus utilisée est la ligamentoplastie extra-capsulaire. Un fil adapté, résistant et non résorbable est utilisé pour passer autour de l'os sésamoïde latéral du muscle gastrocnémien, au niveau de son articulation avec le fémur et en traversant l'insertion fibreuse du chef latéral du muscle. Un trou est ménagé dans la partie proximale de la tubérosité tibiale. Le fil le traverse, est repassé ensuite proximale et est noué puis ligaturé ou fixé par un tube à sertir afin de réduire le tiroir crânial (Figure 12). Plusieurs variantes dans la mise en place du fil existent.<sup>35</sup>

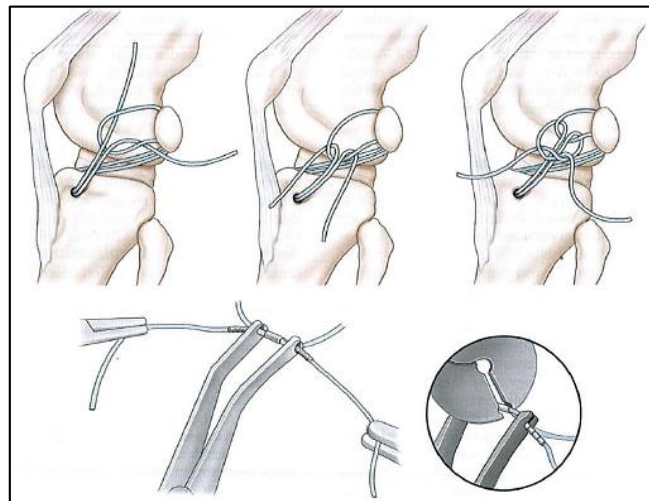


Figure 12 : Une méthode de suture fabello-tibiale<sup>35</sup>

L'ancrage de la prothèse ligamentaire doit se faire selon des points quasi-isométriques. Les positions les plus favorables semblent être le plus caudale possible sur le condyle fémoral, à hauteur du pôle distal de l'os sésamoïde pour l'attache proximale. Un des points d'attache tibiale proposé est caudal au sillon de l'extenseur commun des doigts.

L'étude sur les méthodes chirurgicales de réduction de la RLCCr chez le chat présentant le plus grand échantillon à ce jour est celle d'Harasen de 2005 portant sur 17 chats atteints de ruptures traumatiques ou non traumatiques du LCCr. Les ligaments collatéraux ont été traités au besoin (suture, imbrication), les ménisques de même et la rupture du LCCr traitée par ligamentoplastie extra-capsulaire. Pour le groupe

atteint de ruptures traumatiques (9 dont un mort d'insuffisance cardiaque 6 jours après l'intervention et 3 dont les propriétaires n'ont assuré aucun suivi) et atteint de lésions multiligamentaires, des examens ont été réalisés 1 puis 6 mois après l'intervention. Tous les chats ont récupéré la fonction du membre sans information supplémentaire donnée par l'auteur. Tous les grassets atteints présentaient des signes cliniques et radiographiques d'arthrose et 2 ont développé une rotation interne de la partie proximale du tibia. L'évolution sur les animaux ayant subi une rupture non traumatique a été notée chez 7 des 8 propriétaires de ce groupe au moyen d'appels téléphoniques. Tous ont attesté d'une bonne à excellente reprise de la marche dont 2 semblaient montrer une légère boiterie à froid. L'utilisation normale du membre a été constatée entre 2 jours et 5 semaines après l'intervention avec une moyenne de 16,3 jours.<sup>24</sup> Les résultats semblent donc intéressants mais l'étude est insuffisante pour objectiver l'efficacité de la ligamentoplastie extra-capsulaire chez le chat.

## **2. Stabilisation active : l'avancement de la tubérosité tibiale (Tibial tuberosity advancement ou TTA)**

A l'inverse des méthodes décrites précédemment, la stabilisation dynamique ne vise pas à rétablir les fonctions ligamentaires mais plutôt à modifier la biomécanique du grasset. La poussée tibiale crâniale est ainsi réduite au minimum et même avec un LCCr déficient, la translation crâniale du tibia proximal n'a plus lieu.

La TTA est une technique récente proposée en 2002 par Montavon et al.<sup>43</sup> lors de laquelle la tubérosité tibiale est avancée crânialement afin de modifier les forces de traction des muscles de l'avant de la cuisse par l'intermédiaire du tendon patellaire. Une plaque adaptée est mise en place afin de maintenir la tubérosité tibiale écartée, le but étant d'instaurer entre le plateau tibial et le tendon patellaire un angle de 90° lorsque le grasset est fléchi à 135°, valeur pour laquelle le poids qui lui est appliqué est maximal. Une cage en titane est fixée dans l'espace créé pour renforcer la stabilité du montage (Figure 13).<sup>28</sup>

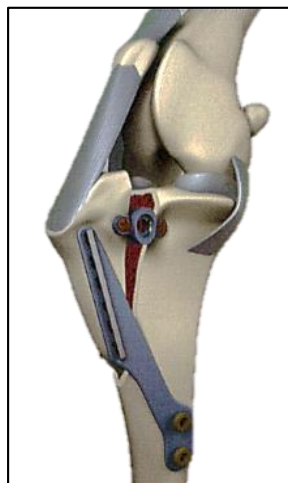


Figure 13 : Image 3D d'une TTA en vue cranio-médiale<sup>35</sup>



Perry et al. publient en 2010 des cas cliniques sur 2 chats ayant subi une rupture non traumatique du LCCr traités par TTA. Les deux chats présentaient une boiterie chronique qui ne répondait pas à la restriction d'exercice et aux anti-inflammatoires non stéroïdiens. Le premier chat avait déjà subi une ligamentoplastie extra-capsulaire mais qui s'était rompue. Il s'appuyait légèrement sur le membre opéré le lendemain de la TTA et a été maintenu en cage pendant 6 semaines. Trois semaines après l'opération il présentait une légère boiterie d'appui. Un crépitement persistait à la mobilisation de l'articulation. A 6 semaines, le grasset était stable et l'animal ne présentait plus de douleurs, ni de boiterie. Aucune amyotrophie n'était visible. Le propriétaire très satisfait reporta une rémission plus rapide qu'avec la chirurgie précédente mais une tendance à l'abduction et une flexion incomplète du membre en position assise.

Le second chat appuyait aussi légèrement le membre le lendemain de l'intervention et avait été maintenu 6 semaines en cage. Dix jours après l'opération, une légère boiterie d'appui était notée et presque résolue 4 semaines après l'intervention. Une augmentation de la boiterie imputable à un non-respect du confinement a eu lieu à la 5<sup>ème</sup> semaine. A la 6<sup>ème</sup> semaine, la cicatrisation osseuse visualisée à la radiographie était bonne mais un débricolage de la vis crâniale de la cage était visible et un petit fragment de la tubérosité tibiale proximale à la vis rompue était visible. La vis a été retirée et le test de compression tibiale était négatif. Trois et 9 mois après l'intervention, malgré un retour à une activité normale, les mouvements étaient normaux et aucune douleur n'était présente. Les propriétaires satisfaits n'ont par la suite pas noté de différence par rapport à celle constatée avant la RLCCr. <sup>46</sup>

Plus récemment, en 2014, Allan <sup>2</sup> publie le cas clinique d'un chat des forêts norvégiennes de 4 ans ayant subi une avulsion de l'attache fémorale du LCCr d'origine non traumatique entraînant une boiterie n'ayant pas répondu à 4 semaine de traitement médical. Les radiographies préopératoires ont montré sur cet animal un APT important (26°). Une variante de la TTA est réalisée : la technique de Maquet modifiée pour laquelle seule la cage est mise en place et un trou est percé transversalement à la base de la tubérosité tibiale distalement au trait d'ostéotomie. Malgré un décalage médial de la crête tibiale lié à une imprécision de l'ostéotomie et visiblement sans conséquences, le contrôle postopératoire s'est avéré acceptable. Le chat a été rendu aux propriétaires le lendemain de l'opération avec une boiterie encore sévère, avec restriction d'activités pendant 4 semaines et Meloxicam à 0,05 mg/kg/jour pendant 2 semaines. Malgré une restriction de l'exercice mal observée par les propriétaires, la boiterie était très légère au contrôle de 4 semaines postopératoires et avait disparu à 7 semaines avec une cicatrisation osseuse satisfaisante au contrôle radiographique. L'histologie du LCCr a confirmé l'avulsion et n'a pas montré de processus dégénératif.

Les résultats obtenus sur ces 3 cas cliniques laissent donc supposer que comme chez le chien, la TTA classique et la technique de Maquet modifiée sont des options envisageables dans le traitement de la RLCCr chez le chat

### **3. Stabilisation Dynamique : Tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) et Crânial closing tibial wedge osteotomy (CTWO)**

Le principe de la TPLO est de réaliser une ostéotomie circulaire grâce à une scie oscillante en cloche spécifique permettant une rotation du plateau tibial selon l'angle désiré. Cette méthode chirurgicale étant le sujet de notre travail, elle sera détaillée dans les parties suivantes.

La CTWO, précurseur de la TPLO, consiste à réaliser une ostéotomie cunéiforme crâniale du tibia en région métaphysaire proximale fixée par une plaque médiale. La pente du plateau tibial est réduite de la valeur de l'angle de l'ostéotomie (Figure 14).<sup>35</sup>

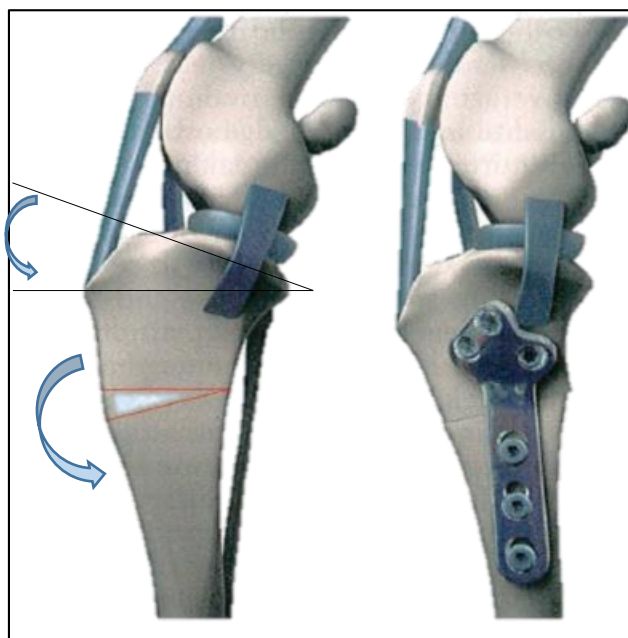


Figure 14 : Principe de la CTWO<sup>35</sup>

En 2004 Hoots et Petersen décrivent un cas de RLCCr chez un chat traité par TPLO et CTWO. Celui-ci présentait un APT d'environ 75° sur le membre atteint alors que l'autre membre présentait une angulation de 28°. Cet angle trop important a fait suspecter aux auteurs une lésion de la partie caudale du cartilage de croissance épiphysaire tibial proximal. La rupture du LCCr s'est faite sans traumatisme reporté et devait sûrement être due à une trop grande sollicitation à cause de la pente du plateau tibial augmentant la PTC. La modification de l'angle nécessitant des remaniements importants, les auteurs ont donc choisi de coupler les deux méthodes chirurgicales pour arriver à un angle final de 20°. Lors de l'arthrotomie, les ménisques et les cartilages articulaires paraissaient intacts. Les radiographies postopératoires ont révélé un bon placement du matériel d'ostéosynthèse et un APT de 23°. Un bandage de Robert-Jones fut mis en place et après son retrait 21 heures plus tard, les mouvements du grasset opéré étaient très limités mais l'animal prenait tout de même légèrement appui dessus. Le chat a été maintenu par la suite en cage. Il fut réévalué 10 jours plus tard et présentait une boiterie d'appui modérée du membre opéré. L'amplitude de mouvement

était augmentée avec environ 180° entre la flexion et l'extension. A un mois post-opératoire le chat marchait avec une légère boiterie et les radiographies montraient un bon début de cicatrisation de l'os et un bon positionnement de l'os au site d'ostéotomie. Deux mois plus tard, le chat présentait encore une légère boiterie intermittente avec une amplitude de mouvement normale. Les radiographies révélèrent une cicatrisation complète de l'os avec un positionnement toujours normal et le confinement fut arrêté. Quatre mois et demi après l'intervention, le chat ne présentait plus de boiterie. Les résultats décrits avec cette méthode semblent donc encourageants mais comme souvent, peu objectifs. <sup>29</sup>

# **CHAPITRE IV :**

## **PRINCIPES DE L'OSTEOTOMIE DE NIVELLEMENT DU PLATEAU TIBIAL (TPLO)**

La TPLO est une méthode dynamique de traitement de la RLCCr dont l'efficacité semble, chez le chien, actuellement supérieure aux autres techniques<sup>8</sup>. Un unique cas publié chez le chat associé à une CTWO semble avoir été fructueux. Les données actuelles pour cette espèce sont donc quasi inexistantes. Dans ce chapitre détaillant la procédure de la TPLO, il sera décrit ce qui est réalisé chez le chien et que faute d'informations, nous extrapolons au chat.

Afin d'assurer la reproductibilité de la procédure et sa réussite, les principes de base de l'ostéotomie incluant une préparation préopératoire méticuleuse, une exécution précise des différentes étapes, une fixation robuste et un retour précoce à la marche pour l'animal sont standardisés et doivent être scrupuleusement suivis. Cette standardisation permet de favoriser de bons résultats et de limiter les complications.<sup>35</sup>

### **I. INTERET DE LA TPLO**

La technique d'ostéotomie de nivellement du plateau tibial ou TPLO (Tibial plateau levelling osteotomy) fut décrite et brevetée par Slocum et al. en 1993. Il s'agit d'une méthode répandue ayant prouvé son efficacité chez le chien dans la neutralisation du tiroir antérieur lors de RLCCr mais cette procédure ne prévient pas la rotation interne du tibia et l'hyperextension du grasset qui sont les autres rôles du LCCr<sup>35</sup>. Comme dans tous les travaux étudiant les résultats des opérations de traitement des RLCCr, il est difficile d'obtenir une quantification objective. La plupart des interprétations se font par l'observation et l'évaluation des propriétaires.

Une revue systématique a été publiée très récemment (Juillet 2014) par Bergh et al.. La question posée est « Y a-t-il une technique chirurgicale permettant un retour à une fonction clinique normale et y a-t-il une méthode supérieure ? ». Seules les études faisant un suivi sur au moins 6 mois ont été retenues parmi les 444 de départ. Sur les 34 études retenues, 14 concernent la TPLO, 13 la ligamentoplastie extra-capsulaire, 6 la TTA. La stabilisation intracapsulaire est représentée par 4 publications, la CTWO par 2, le TightRope par 2. La conclusion de cette revue systématique est que la TPLO semble être la méthode qui permet au chien de retrouver une fonction normale. Il semble que la récupération fonctionnelle pendant la période postopératoire intermédiaire soit meilleure avec la TPLO qu'avec la stabilisation passive extra-capsulaire. Les données actuelles sont insuffisantes pour évaluer de manière rigoureuse les autres méthodes.

On peut donc voir la difficulté à laquelle est soumis le praticien dans l'évaluation de la meilleure technique chirurgicale à choisir et cela malgré les centaines de publications. Pour le chien, la TPLO semble se dégager mais pour le chat où nous nous trouvons actuellement aux prémices de l'étude du traitement chirurgical de la RLCCr, le choix est d'autant plus difficile et de nombreux points restent à démontrer.

## **II. EVALUATION PREOPERATOIRE**

La mesure de l'APT doit être réalisée de la manière la plus précise possible. Il est, en outre, nécessaire d'évaluer les déformations présentes sur le grasset avant l'intervention et notamment l'intensité de l'arthrose

### **1. Intérêt de la mesure d'APT**

Les chats ont un angle se trouvant la plupart du temps entre 20 et 30°<sup>56</sup>.

Des analyses biomécaniques sur cadavres de chiens ont démontré qu'une APT d'environ 6,5 degrés neutralise la subluxation crâniale du tibia<sup>70</sup>. En revanche un modèle informatique en 3 dimensions du grasset d'un chien a montré qu'à moins de 5° d'APT, la tension exercée sur le LCCr ne diminuait pas substantiellement<sup>57</sup>. Ce modèle mathématique peut être incomplet et ne pas reproduire purement la réalité mais l'objectif visé lors de la TPLO reste 5°<sup>35</sup>. Toutefois, une modification de l'angle inférieure à cette valeur entraîne une plus grande tension exercée sur le LCCa risquant de le léser à son tour si elle est trop importante<sup>51,70</sup>. L'orientation de la pente du plateau tibial est dans ce cas inversée par rapport à la normale et une poussée tibiale caudale apparaît par un mécanisme similaire à la genèse de la PTC. Il a été démontré que lors de diminution de la pente du plateau tibial, le LCCa est systématiquement plus sollicité<sup>70</sup>. Il semblerait que le LCCa subisse chez le chien une dégénérescence lors de section expérimentale du LCCr surement à cause des tensions anormales qui lui sont exercées. Il semble donc judicieux de ne pas corriger le plateau tibial au-delà de la valeur permettant une réduction suffisante de la PTC afin de préserver le LCCa<sup>73</sup>.

Une mesure précise est donc cruciale avant l'intervention afin de planifier correctement la rotation de l'épiphyse tibiale.

### **2. Radiographies préopératoires**

Les radiographies préopératoires réalisées doivent être de très bonne qualité et le positionnement optimal. Le grasset et le jarret doivent être dans le champ.

Une radiographie préopératoire en incidence médio-latérale est réalisée. Elle permet de mesurer l'APT, de déterminer le diamètre de la lame de scie appropriée, d'identifier le lieu optimal d'ostéotomie, de quantifier la rotation requise et de confirmer que la rotation finale se trouvera dans les limites acceptables. Le grasset et le jarret sont fléchis à 90°. Le tibia doit être parallèle à la cassette sans rotation fémorale ou tibiale. La partie caudale du bassin peut être légèrement surélevé afin de limiter la rotation fémorale. Sur une image radiographique idéale, les condyles fémoraux et tibiaux sont parfaitement superposés. Pour des patients avec des déformations angulaires et rotatoires cette superposition est impossible. La difficulté d'obtention de la superposition doit donc faire suspecter d'emblée ces déformations. Il a été démontré que centrer le champ sur le grasset permet de limiter les artéfacts.

Une radiographie préopératoire d'incidence caudo-crâniale permet d'évaluer les déformations angulaires (valgus et varus) ou rotatoires et de mesurer leur amplitude si elles sont présentes. Elle permet de plus d'identifier la localisation de la tête de la fibula par rapport à la surface de l'articulation afin d'avoir un repère peropératoire.<sup>35</sup>

### **3. Mesures radiographiques**

Plusieurs méthodes sont envisageables afin de mesurer l'APT.

#### **a. Méthode de mesure de l'APT conventionnelle**

Une ligne est tracée entre les bords crânial et caudal du condyle tibial médial : la **pente du plateau tibial**. Le bord crânial est identifié par un net changement de dénivellation. Il a été montré chez le chien que le repère caudal (l'insertion tibiale du LCCa) présente une variabilité anatomique interindividuelle. Il est parfois individualisé du bord caudal du condyle tibial médial et par souci de répétabilité, il convient selon les auteurs de l'étude de prendre systématiquement comme repère le bord caudal du condyle tibial médial et non l'insertion du LCCa<sup>6</sup>.

Une seconde ligne joignant le centre de l'éminence intercondyloire et le centre rotatoire du talus forme l'**axe fonctionnel du tibia**.

Une ligne perpendiculaire à l'axe fonctionnel du tibia est tracée au niveau de son intersection avec la pente du plateau tibial. L'**APT** est l'angle entre la pente du plateau tibial et cette dernière ligne (Figure 15).<sup>35</sup>

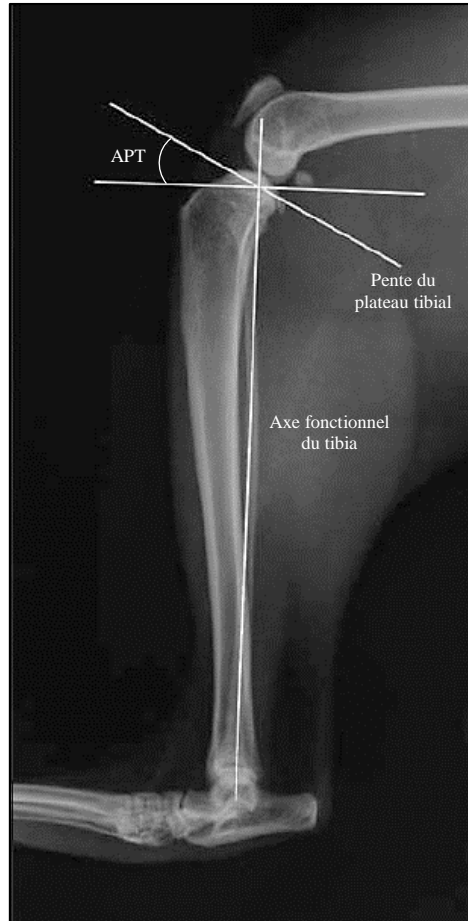


Figure 15 : Méthode de mesure de l'APT conventionnelle sur un tibia de chat <sup>56</sup>

b. Méthodes de mesure de l'APT alternative

Avec cette méthode, l'APT est obtenu en prenant comme pente du plateau tibial la tangente à la portion linéaire observée sur la partie crâniale du condyle tibial (Figure 16). Une étude comparative entre la méthode conventionnelle et cette méthode alternative a montré que la méthode conventionnelle aurait tendance à sous-estimer la valeur réelle de l'APT et que l'alternative serait plus précise. <sup>6</sup>

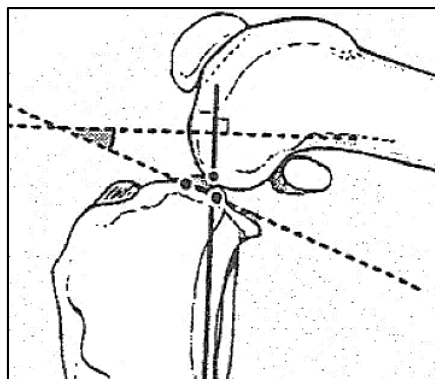


Figure 16 : Méthode de mesure de l'APT alternative <sup>6</sup>

c. Mesure des déformations angulaires et rotatoires

Afin d'évaluer ces anomalies, il faut observer les radiographies selon une incidence caudo-crâniale en utilisant l'orientation des lignes articulaires proximale et distale du tibia. La ligne proximale est définie par les points les plus distaux des condyles tibiaux médial et latéral en vue caudo-crâniale. La ligne distale est définie par les points les plus proximaux des gorges médiale et latérale de la cochlée du tibia (Figure 17).

17,35

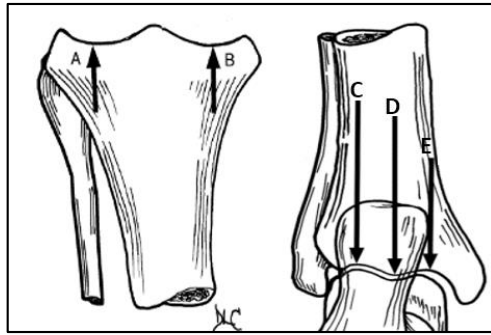


Figure 17: Points de repère des lignes articulaires du tibia<sup>17</sup>

A est le point le plus distal du condyle tibial latéral et B du médial

C est le point le plus proximal de la gorge latérale de la cochlée tibiale et E de la médiale

D est un point distal de l'axe fonctionnel du tibia (crête distale tibiale de la cochlée)

L'angle mécanique médial proximal du tibia est l'angle formé entre la partie médiale de la ligne articulaire proximale du tibia et l'axe fonctionnel du tibia (Figure 18). L'angle mécanique médial distal du tibia est l'angle formé entre la partie médiale de la ligne articulaire distale du tibia et l'axe fonctionnel du tibia (Figure 18).<sup>17</sup>

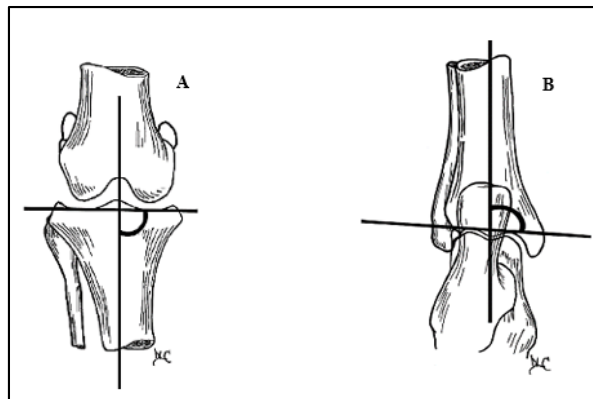


Figure 18 : Angles mécaniques médial proximal (A) et distal (B) du tibia<sup>17</sup>

Dans une étude chez le chien, la valeur moyenne de l'angle mécanique médial proximal du tibia est de  $93.3^\circ \pm 1,78^\circ$  et celle de l'angle mécanique médial distal du tibia est de  $95,99^\circ \pm 2,70^\circ$ <sup>17</sup>. Il est conseillé de traiter ces déformations pendant la chirurgie de TPLO chez le chien si les angles s'éloignent trop de la normale<sup>35</sup>. Cependant aucune donnée n'est disponible sur les valeurs normales chez le chat rendant l'interprétation de ces angles actuellement purement subjective.



#### **4. Fiabilité de la mesure**

Il a été démontré chez le chien que lors d'un bon positionnement, l'APT mesuré radiographiquement reflète bien l'angle réel mais lors de mauvais positionnement, la mesure n'est plus fiable <sup>51</sup>.

La seule étude de variabilité interindividuelle dans la mesure de l'APT chez le chat a montré une variation de  $\pm 5,3^\circ$  entre des observateurs d'expérience différente. Selon les auteurs, une plus grande variabilité inter et intra-observateur est susceptible d'avoir lieu chez le chat car les repères osseux utilisés sont moins nets que chez le chien, d'autant plus lors d'arthrose évoluée. <sup>56</sup>

Dans une étude chez le chien, il a été observé que les changements dégénératifs de l'aspect caudal de la surface articulaire du condyle tibial médial étaient en grande partie responsables de la variabilité inter-observateurs <sup>20</sup>. En 2010, Unis et al. ont montré qu'une variabilité plus grande dans la mesure de l'APT était présente lors d'interprétation de radiographies argentiques par rapport aux images numériques. Il y a donc une supériorité des mesures réalisées par informatique, peut être liée à la possibilité de zoomer, jouer sur le contraste et la luminosité ainsi qu'aux outils de mesure fournis par les logiciels d'interprétation de radiographies. Cependant aucun logiciel n'a démontré sa supériorité, même ceux destinés aux mesures spécifiques de la TPLO. Aucune variabilité interindividuelle n'a été notée en lien avec l'expérience cependant la variabilité intra-individuelle était plus grande chez les vétérinaires les moins expérimentés <sup>69</sup>.

#### **5. Prévision de l'ostéotomie**

L'ostéotomie étant radiale, deux paramètres sont à définir : le centre de l'ostéotomie et le diamètre de la lame de scie.

Des modèles mathématiques et biomécaniques ont permis de définir le lieu optimal d'ostéotomie chez le chien permettant un nivellement précis et efficace du plateau tibial avec des modifications anatomiques minimisées. Le centre de l'ostéotomie circulaire retenu est l'intersection de la pente du plateau tibial avec l'axe fonctionnel du tibia <sup>34</sup>. Ainsi, comme les points proximaux et distaux définissant l'axe fonctionnel du tibia se trouvent sur des segments osseux différents, la rotation du fragment de l'ostéotomie entraîne une légère avancée crâniale de l'éminence intercondylienne modifiant l'axe fonctionnel mais le nivellement obtenu est précis. Le centre de l'ostéotomie peut être excentré en cas de modifications anatomiques individuelles et adapté à chaque situation. Par exemple lorsque l'épiphyse et la métaphyse proximales du tibia sont étroites, il sera déplacé caudalement afin de garder une épaisseur de la tubérosité tibiale raisonnable. D'autres aléas comme une pente du plateau tibial excessive, des malformations du tibia, la présence de tunnels osseux en cas d'interventions préalables (stabilisation extra-capsulaire principalement) peuvent aussi nécessiter une adaptation du centre de l'ostéotomie.

Une fois la pente du plateau tibial et l'axe fonctionnel du tibia tracés sur la radiographie et leur point d'intersection défini, l'ostéotomie elle-même doit être planifiée en adaptant le bon rayon d'ostéotomie. Ce

rayon doit être bien entendu choisi en fonction des lames de scie de TPLO disponibles. Pour cela il est possible d'utiliser des gabarits calibrés selon le rayon de courbure des lames. Lors de cette planification, il est important de toujours placer le cercle d'ostéotomie en dehors de la surface articulaire et de laisser une forme et une taille suffisante à la tubérosité tibiale (Figure 19). Celle-ci doit globalement s'élargir entre sa partie proximale et distale si la position de l'ostéotomie est bonne <sup>34</sup>. Il a été démontré sur les chiens de 40 kg, qu'une épaisseur de la tubérosité inférieure à 10 mm est un facteur de risque important d'avulsion <sup>7</sup>. Une valeur plus faible est habituellement obtenue chez les petites races que l'on pourra extrapoler au chat faute de données. <sup>35</sup>

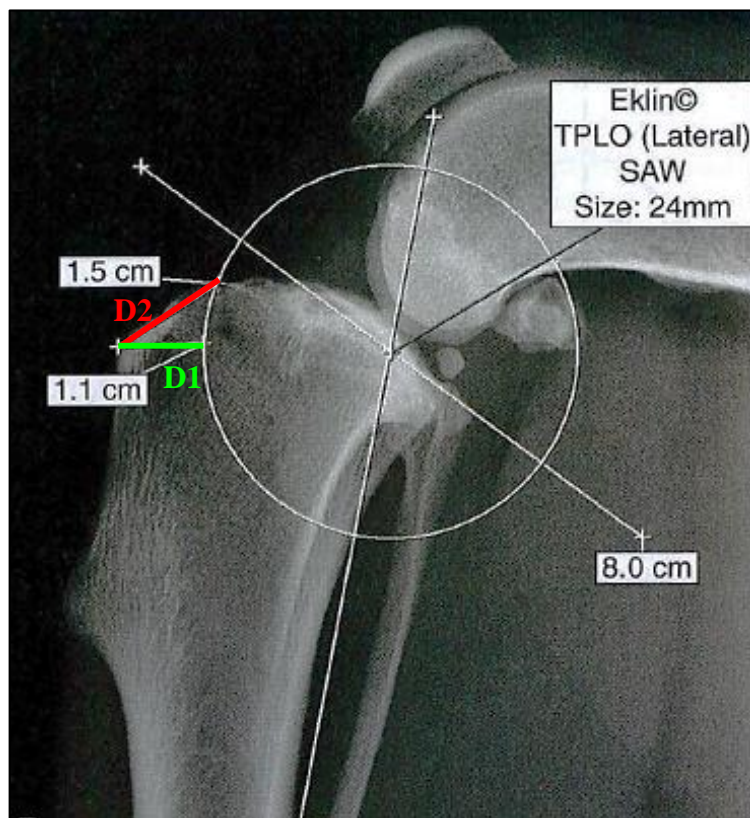


Figure 19 : Planification préopératoire d'une TPLO sur un chien utilisant le logiciel Elkin© <sup>35</sup>  
 Sur ce cas, une lame de 24mm de rayon est nécessaire

Il est ensuite nécessaire de prendre les mesures qui permettront le placement peropératoire de la lame. Deux distances (notées D1 et D2) sont évaluées à partir de l'insertion du tendon patellaire sur la tubérosité tibiale. D1 est le segment perpendiculaire au bord de la crête tibiale joignant l'insertion du tendon au trait d'ostéotomie. D2 est le segment longeant le bord proximal de la tubérosité tibiale allant de l'insertion du tendon au trait d'ostéotomie proximal.

La rotation à faire réaliser au segment osseux est donnée par des tables fournies par le fabricant du matériel de TPLO. En fonction de l'APT de départ et le rayon de la lame de scie choisie, ces tables donnent la rotation en millimètres qui doit être exercée.

Ces valeurs sont données par la formule  $C = 2 \times (\text{Rayon de lame}) \times \sin [ (\text{APT préopérateur} - 5) / 2 ]$  où C est la longueur de corde à retenir pour la chirurgie <sup>15</sup>.

Une estimation radiographique de la position finale du plateau tibial peut être réalisée. Si la rotation nécessaire mène à déplacer la partie crâniale du segment proximal plus distalement que l'insertion du tendon patellaire, il est conseillé de ne pas dépasser cette valeur seuil mais de combiner à la TPLO une CTWO <sup>64, 35</sup>.

### **III. INTERVENTION INTRA-ARTICULAIRE PREALABLE**

A cause de la déstabilisation du grasset qu'elle entraîne, la RLCCr s'accompagne de lésions intra-articulaires notamment du cartilage articulaire, des ménisques et de l'arthrose. Il est nécessaire dans toute TPLO mais aussi dans toute intervention visant à traiter cette affection d'examiner l'articulation afin d'évaluer les lésions et de les traiter lorsque cela est possible. Cet examen intra-articulaire peut être effectué par arthrotomie ou par arthroscopie.

#### **1. Intervention sur les ligaments croisés**

L'arthroscopie ou l'arthrotomie réalisée va tout d'abord permettre de confirmer la présence de RLCCr. Lors de rupture partielle, les parties lésées du ligament peuvent être parées si cela est possible mais les avis divergent sur ce point. Les phénomènes dégénératifs du ligament lésé peuvent entretenir l'inflammation locale. Si la rupture est complète ou rend le ligament incompetent, il est nécessaire de l'exciser en totalité.

35

#### **2. Intervention sur les ménisques**

##### **a. Abord des ménisques**

Les plus grandes sensibilité et spécificité dans l'évaluation des lésions méniscales sont obtenues par l'arthroscopie associée à l'utilisation du palpeur mais l'arthrotomie avec usage du palpeur est aussi une solution tout à fait envisageable <sup>47</sup>. Une arthrotomie cranio-médiale offre une meilleure sensibilité dans la détection de lésions méniscales lors de RLCCr. Un écarteur à grasset peut être utilisé pour améliorer la

sensibilité. La meilleure visualisation obtenue est entre 110 et 130 degrés de flexion chez le chien mais en partant de ces valeurs, on pourra fléchir ou étendre progressivement le grasset pour obtenir la fenêtre d'observation optimale. Afin de faciliter la visualisation des différentes parties, la position du grasset doit être modifiée entre rotation externe avec valgus pour le ménisque médial et rotation interne avec varus pour le latéral. En cas de rupture partielle du LCCr, le pôle caudal du ménisque médial peut être inaccessible lors d'arthrotomie. Il faut dans ce cas faire un autre abord caudo-médial ou utiliser l'arthroscopie. Cette région qui est le siège principal des lésions ne doit pas rester inexplorée. <sup>35</sup>

#### b. Evaluation des ménisques

La position des ménisques doit être évaluée en premier. Si une portion de corne caudale du ménisque médial peut être repliée crânialement, cela suggère une déchirure en anse de seau, en lambeau ou un détachement périphérique lié à une déchirure longitudinale verticale. Le ménisque peut paraître en parfait état et en position normal mais même dans ce cas, il convient de palper rigoureusement avec une sonde pour écarter la présence d'une déchirure longitudinale verticale incomplète ou d'une déchirure abaxiale en regard du condyle fémoral. Il est de plus utile de réaliser une subluxation fémoro-tibial crâniale pour évaluer la stabilité méniscale et faire apparaître d'éventuelles déchirures par compression.

L'intégralité de la face fémorale des ménisques doit être palpée à la sonde ainsi que les ancrages méniscaux, même dans les endroits peu ou non visibles. Des irrégularités senties avec éventuellement un accrochage de la sonde doivent faire penser à des déchirures longitudinales verticales incomplètes. La texture doit être normalement ferme et résistante. Un ménisque mou est dégénératif ou présente une déchirure horizontale. Lors de plages dégénératives, la texture se ramollie, la couleur devient jaunâtre et une désorganisation structurelle peut être observée. Il faut alors observer le cartilage articulaire en regard qui est très souvent lui aussi lésé. <sup>35</sup>

#### c. Traitement des ménisques

Il est important de retirer tous les fragments de ménisques instables pour prévenir des lésions ultérieures. Ils peuvent à la fois se placer entre les surfaces articulaires et causer localement des compressions délétères mais aussi en étant libre dans l'articulation, se replier en entraînant une aggravation des lésions méniscales. C'est pourquoi il est nécessaire de parer aussi les bords mal ancrés, naturels ou secondaires à une hémiménisectomie, en laissant un bord régulier et stable au ménisque. La difficulté repose dans la bonne mesure d'intervention. Le ménisque doit être paré suffisamment pour retirer le tissu endommagé mais le moins possible afin de ne pas causer de diminution fonctionnelle trop importante et par conséquent de lésions du cartilage articulaire secondaires. La jonction méniscale avec la capsule articulaire doit être préservée au maximum afin de ne pas diminuer l'apport vasculaire.

Le degré d'intervention se décompose entre une méniscectomie partielle, segmentaire (hémiméniscectomie) ou totale (Figure 20).<sup>35</sup>

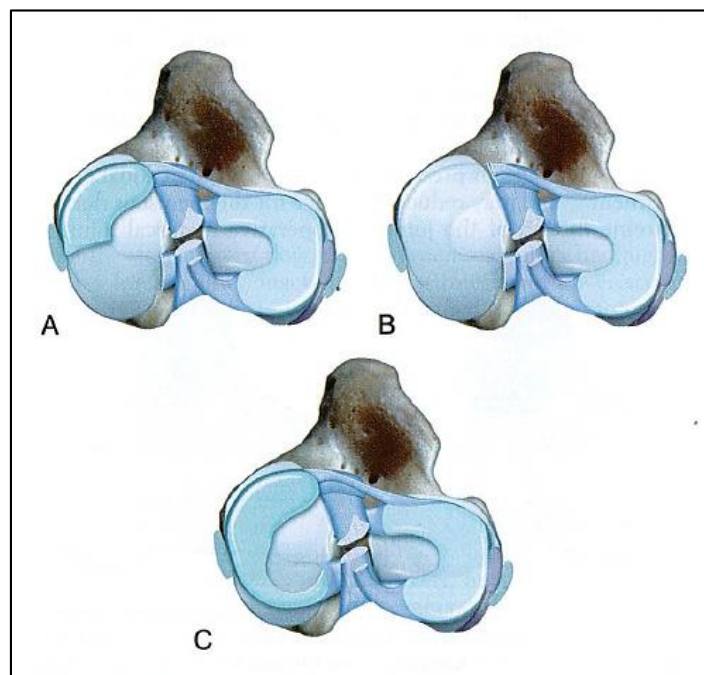


Figure 20 : Différentes formes de méniscectomie<sup>35</sup>  
A : segmentaire B : totale C : partielle

La corne caudale du ménisque médial écrasée à répétition par les os est souvent atteinte lors de RLCCr. En cas de lésions focales assez localisées, une méniscectomie partielle suffira en réalisant une section axiale du ménisque en préservant ses ligaments et son bord externe. Les déchirures longitudinales verticales dans la zone avasculaire, en anse de seau et en lambeau sont de bonne candidates à cette exérèse peu agressive tant que le bord externe est intact. Si la corne est entièrement lésée il est nécessaire de réaliser une hémiméniscectomie du ligament ménisco-tibial caudal à la moitié du corps du ménisque, au niveau du bord caudal du ligament collatéral médial. Après résection, les tissus restants doivent être palpés afin de vérifier leur intégrité et de s'assurer qu'ils ne pourront pas se déplacer librement dans l'articulation auquel cas l'exérèse devra être reprise. La méniscectomie totale est à réserver au cas où tout le ménisque est atteint, ses ligaments arrachés et où il est impossible d'obtenir un bord intact après exérèse. Le recours à cette technique doit être exceptionnel. Le ménisque est séparé de la membrane synoviale, ses ligaments sont coupés et le ménisque est excisé.<sup>35</sup>

L'hémiméniscectomie caudale ou la méniscectomie totale ont montrées in vivo que les modifications arthrosiques étaient similaires pour les deux méthodes à 16 semaines mais que des incisions moins radicales menaient à des dérèglements moindres du métabolisme des chondrocytes. La même étude a de plus montré qu'une régénération partielle du ménisque paré se mettait en place depuis la membrane synoviale mais que le ménisque ne pouvait jamais récupérer une fonction aussi efficace que sa fonction primitive et ne pourrait

jamais assurer une prévention de l'arthrose. Pour cela, le chirurgien doit toujours intervenir le moins possible sur les ménisques. <sup>32</sup>

#### d. Relâchement méniscal

Le relâchement méniscal est une procédure chirurgicale réalisée conjointement à la TPLO afin de prévenir le développement de lésions méniscales post-opératoires. Le relâchement peut se faire par section du ligament ménisco-tibial caudal du ménisque médial (relâchement caudal) ou au milieu du corps du ménisque médial (relâchement central) (Figure 21). <sup>35</sup>

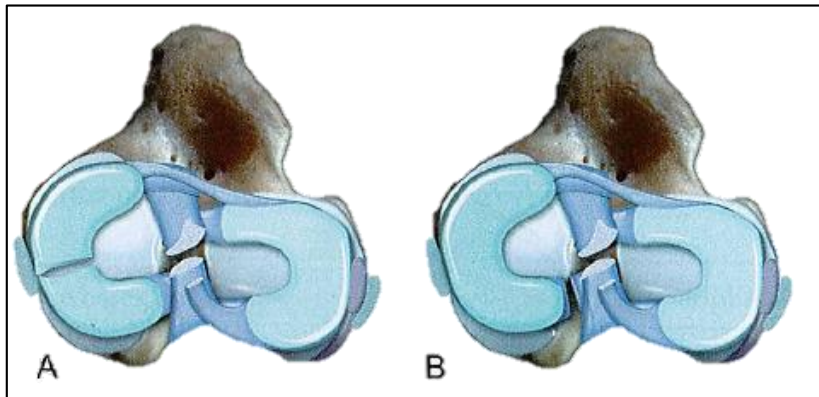


Figure 21 : Relâchements méniscaux <sup>35</sup>  
A : central      B : caudal

Slocum recommanda au départ cette procédure suite à la TPLO <sup>60</sup>. Le relâchement méniscal favorise sa translation caudale diminuant « l'effet coin » et son pincement. Cependant même si les forces de compression sont modifiées après la TPLO, il semblerait que les lésions méniscales qui s'ensuivent soient plutôt liées à une persistance d'instabilité (rotatoire et translationnelle) ou à des lésions latentes. Des études ont montré que les deux types de relâchements libéraient le ménisque de l'écrasement en lui permettant de se déplacer <sup>33,48</sup>. Cependant d'autres études ont démontré l'apparition de lésions méniscales tardives malgré cette procédure <sup>21,67</sup>. Des zones focales de forte pression exercées sur le cartilage articulaire entraînées par le relâchement du ménisque qui n'assure localement plus sa fonction peuvent entraîner des lésions du cartilage <sup>38</sup>. Des médiateurs de l'inflammation et des molécules issues de la dégénérescence méniscale peuvent s'ajouter aux phénomènes biomécaniques dans la dégénérescence du cartilage <sup>38</sup>. Pour cela, des chirurgiens préfèrent l'hémiméniscectomie caudale évitant de laisser un tissu qui peut par la suite être lésé. Aucune supériorité des deux méthodes n'a été démontrée et le choix varie selon les praticiens. Fonctionnellement parlant, le relâchement méniscal est similaire à l'hémiméniscectomie caudale, il est donc indissociable des phénomènes arthrosiques apparaissant après l'intervention sur les ménisques. <sup>35</sup>

## **IV. TECHNIQUE CHIRURGICALE**

### **1. Déroulement de la TPLO**

L'animal est anesthésié. Le membre est tondu sur toutes ses faces des métatarses au milieu de la croupe. Il est placé en décubitus dorsal. La zone tondu est nettoyée chirurgicalement, la partie de la patte non tondu est protégée stérilement et les champs stériles sont mis en place. Une incision cutanée est pratiquée en région crânio-médiale du grasset de la patelle jusqu'au tiers proximal du tibia. Le fascia lata doit être incisé entre les deux ventres du muscle sartorius, parallèle à l'artère géniculaire descendante en prenant garde de ne pas la léser. Les vaisseaux sont réclinés caudalement et le vaste médial de la cuisse crânialement. Une incision est pratiquée médialement à la patelle et celle-ci est luxée latéralement ouvrant une fenêtre permettant l'exploration de l'articulation. Alternativement, une mini-arthrotomie médiale peut être réalisée sans luxation de la patelle. Selon le choix du praticien, une arthrotomie ou arthroscopie doit être réalisées pour parer ou retirer le LCCr rompu ou le ménisque. Une fois cela réalisé, la cavité articulaire est rincée afin d'éliminer les éventuels débris qui pourraient entretenir l'inflammation et léser les structures articulaires s'ils s'intercalent entre les surfaces articulaires. Puis la capsule est refermée au moyen d'un fil résorbable.

L'insertion des muscles graciles, semi-tendineux et le chef caudal du sartorius sont élevés du tibia en prenant garde de laisser le ligament collatéral médial intact. La surface de l'articulation est identifiée au moyen d'une aiguille fine (25 gauge) en sondant progressivement au milieu du ligament collatéral médial de sa partie distale à sa partie proximale jusqu'à ce qu'elle entre dans la cavité.

La broche de fixation proximale du guide de TPLO est mise en place 3 à 4 mm distalement à la surface articulaire proximale du tibia, juste caudalement au ligament collatéral médial. Elle peut être placée obliquement derrière le ligament en le repoussant crânialement pour la mettre en place sans risquer de le léser. La broche doit être perpendiculaire au tibia et au plan sagittal. Palper l'apex de la patelle et le tendon patellaire permet une bonne référence d'orientation pour la surface de l'os car ils sont parallèles en l'absence de déformations.

La broche de fixation distale du guide est ensuite mise en place, centrée entre la partie crâniale et caudale de la diaphyse tibiale, parallèle à la première broche. Elles doivent donc être perpendiculaires au plan sagittal du tibia à la fois crânio-caudalement et médio-distalement.

Le guide est alors mis en place. Il est destiné à aider l'orientation de l'ostéotomie et à stabiliser le segment osseux durant sa rotation et la réduction. Il facilite de plus l'alignement du membre. Certains modèles possèdent en plus un guide de coupe. Il a été démontré que l'ostéotomie lors de TPLO réalisées sans guide présente une déviation crânio-latérale moyenne de 15°<sup>55</sup> et a été identifiée comme un facteur de risque de fracture fibulaire, d'échec de fixation, d'échec de réduction de l'ostéotomie<sup>68</sup> et de mauvaise angulation du fragment<sup>55</sup>.

Une fois le guide mis en place, les tissus mous sont isolés du site d'ostéotomie au moyen de compresses humides (Figure 22).

Une incision de 12 à 15 mm est réalisée caudalement au bord médial du tendon patellaire afin d'exposer le coussinet adipeux infra-patellaire. Le tendon est alors récliné latéralement au moyen d'un écarteur de Senn placé dans la bourse (Figure 22).

Les distances D1 et D2 sont marquées au bistouri électrique à la surface du tibia. D1 est mesurée perpendiculairement à la crête tibiale en partant du point d'attache du tendon patellaire de la même manière que dans la planification préopératoire. D2 est mesurée le long de la surface du tibia là encore comme en préopératoire (Figure 22).<sup>35</sup>

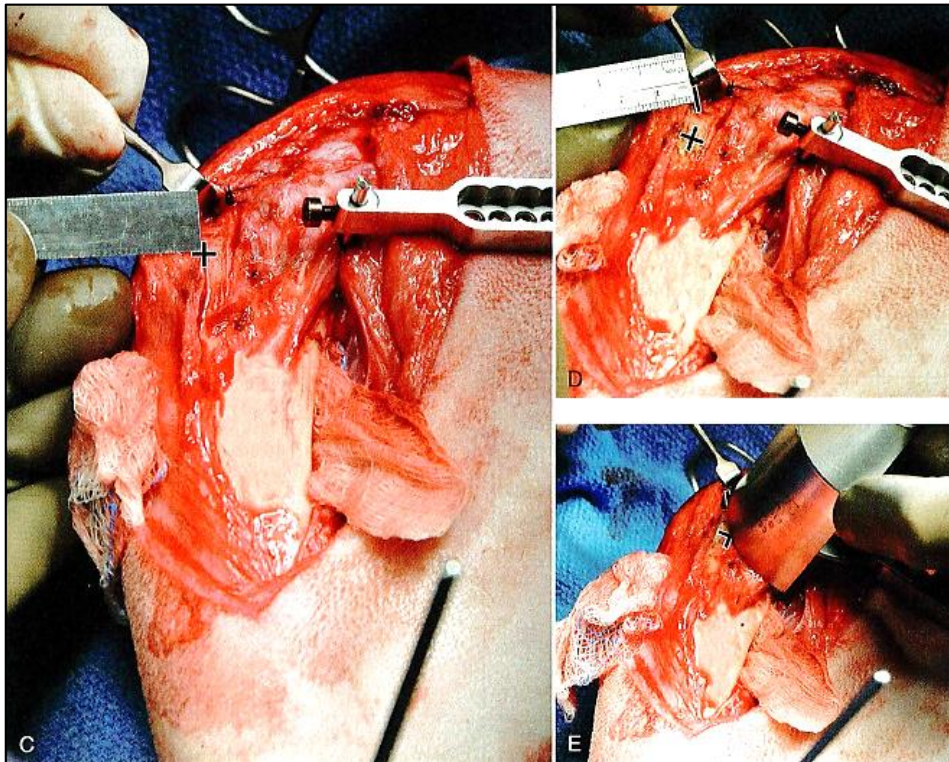


Figure 22 : Mise en place de la lame de scie de TPLO sur un grasset de chien<sup>35</sup>

C : Une partie du guide avec ses deux broches de fixation sont visibles, Le + souligne la marque de D1 réalisée.

D : Le - souligne la marque de D2 réalisée

E : La lame de scie est placée en regard des deux marques réalisées

La lame de scie de TPLO choisie lors de la planification est mise en place en s'appuyant sur les deux marques D1 et D2 (Figure 22). Un guide de coupe adapté permet une coupe plus précise. La largeur de la tubérosité tibiale, l'angle de sortie approximatif de la lame, le centre d'ostéotomie et une taille adaptée du segment du plateau tibial déterminés au préalable doivent être confirmés de visu avant de réaliser l'ostéotomie.

Une première partie de l'ostéotomie est réalisée dans la moitié de l'épaisseur de l'os afin de s'assurer que l'axe est bien perpendiculaire au plan sagittal du tibia. Du périoste est excisé de chaque côté du trait d'ostéotomie et deux marques perpendiculaires au trait d'ostéotomie sont réalisées à l'ostéotome



représentant la distance de rotation nécessaire qui avait été donnée par les tables du fabricant de matériel de TPLO. Elles peuvent être mises en valeur grâce au bistouri électrique.<sup>35</sup>

La distance devrait être mesurée le long du segment du plateau tibial en premier puis le trait de marquage continué de l'autre côté de l'ostéotomie.

L'ostéotomie est alors reprise en s'assurant que l'axe de la lame de scie est toujours bon. Les compresses sont retirées et une broche est placée dans le segment du plateau tibial légèrement caudalement à la partie proximale du trait d'ostéotomie et légèrement distalement à la surface articulaire proximale du tibia selon un angle oblique dirigé de proximo-crânial vers caudo-distale. Cette broche permet de mobiliser le fragment proximal pour assurer sa rotation. Le segment est alors mis en rotation afin que le trait de repère proximal du segment du plateau tibial soit aligné avec le trait de repère distal de l'autre partie.<sup>35</sup>

La rotation est ainsi réalisée selon l'APT désiré. Un léger décalage entre les segments proximal et distal doit apparaître en région caudale de l'ostéotomie<sup>71</sup>. Ce décalage est lié à la forme triangulaire de la partie proximale du tibia et, en conséquence, à la moindre épaisseur de la métaphyse proximale après sa rotation. Une broche est mise en place dans le segment du plateau tibial en passant au travers de la tubérosité tibiale afin de maintenir l'alignement désiré. Elle doit être placée latéralement au tendon patellaire environ à mi-distance entre son attache et le trait d'ostéotomie crânio-proximal puis dirigée légèrement caudalement à la broche de fixation proximale du guide jusqu'à traverser la corticale caudale.

Une plaque de TPLO est mise en place sur la face médiale du tibia. Une variabilité significative dans la résistance des différentes plaques de TPLO du marché et une meilleure tenue des plaques avec vis verrouillées ont été démontrées. Les fixations avec vis verrouillées ont de plus montré une modification de l'APT consécutive à la chirurgie plus faible et une meilleure cicatrisation osseuse<sup>31, 35</sup>

Le guide et l'ensemble des broches sont retirés.

Les tendons d'insertion des muscles sartorius, gracile et semi-tendineux sont suturés conjointement au fascia présent le long du bord crânio-médial de la crête tibiale après une irrigation abondante au sérum physiologique. Les tissus sous-cutanés et la peau sont refermés classiquement, de même pour les sites des broches de fixation du guide.<sup>35</sup>

## **2. Corrections angulaires et rotatoires**

La TPLO permet de corriger sans difficultés ces déformations si elles ne sont pas trop marquées.

Le varus et le valgus peuvent être corrigés dans le plan frontal en glissant au besoin le guide le long de sa broche de fixation distale (médialement pour corriger le varus et latéralement pour corriger le valgus) et en le fixant de la sorte. Il orientera alors le segment selon l'angulation désirée.

La rotation peut être corrigée en pliant la broche de fixation du guide distale dans le plan frontal. En la pliant de sorte à ce que sa partie convexe soit orientée crânialement, elle corrigera une rotation interne du tibia. Si sa partie convexe est orientée caudalement, elle corrigera la rotation externe.

Il est cependant important de noter que ces corrections se font aux dépens de la bonne apposition du fragment en créant une ostéotomie d'ouverture radiale. Des efforts supplémentaires sont alors invariablement créés sur la plaque pouvant compromettre la tenue du montage d'ostéosynthèse. Il est donc recommandé d'appliquer une greffe osseuse dans l'interstice créé.

Si les déformations sont relativement importantes cette méthode est à éviter. La combinaison de TPLO et CTWO est alors plus indiquée car elle permet une meilleure apposition des os avec des efforts moindres exercés sur le matériel d'ostéosynthèse. <sup>35</sup>

### 3. Association TPLO/CTWO

Lorsque l'APT est trop importante, la rotation nécessaire à l'obtention d'un angle de 5° par la TPLO peut être trop importante risquant de compromettre les résultats. La limite fixée est lorsque la partie crâniale du segment de l'ostéotomie se situe plus distalement que le point d'insertion du tendon patellaire sur la tubérosité tibiale. De plus cette procédure peut être combinée avec une CTWO médiale ou latérale afin de corriger un valgus, un varus trop important ou une déformation rotatoire (Figure 23). <sup>35</sup>

Cette procédure très complexe n'est qu'évoquée ici car s'éloigne de notre sujet de base qui est la TPLO elle-même.

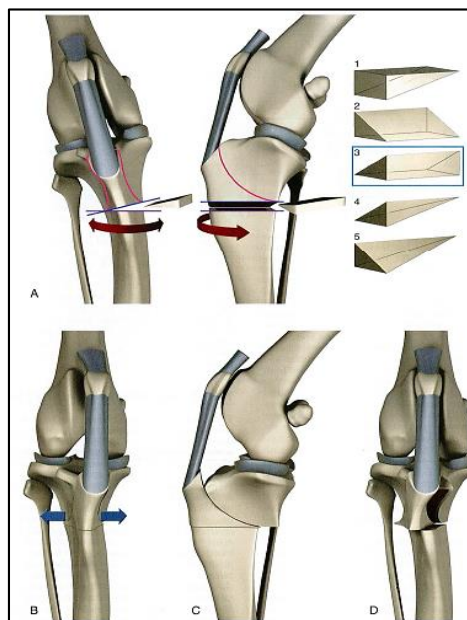


Figure 23 : Options d'ostéotomies cunéiformes associées à la TPLO <sup>35</sup>

La TPLO peut être combinée avec une variété de coins d'ostéotomie pour traiter les déformations tibiales angulaires et rotatoires complexes (A). Le choix du coin inclue sur une vue crâniale du tibia l'abord crânial (1), latéral (2), médial(3), biplanaire crânio-médial (4), biplanaire crânio-latéral (5).

La rotation peut être corrigée en tournant les segments osseux lors de la réduction (flèches rouges).

La TPLO peut être combinée avec une ostéotomie unique (B et D) pour permettre une translation latérale ou médiale aussi bien qu'une rotation.

Pour réaliser cette procédure, la planification préopératoire doit être très précise. La TPLO est planifiée classiquement avec le degré de rotation maximal. L'angulation restante afin d'atteindre l'APT final de 5° est obtenue par l'ostéotomie en coin. Un ajustement plus fin peut être réalisé dans le but de corriger les déformations (Figure 23). Une ostéotomie biplanaire permet de corriger à la fois les déformations angulaires et rotatoires mais aussi de corriger la pente du plateau tibial en complément de la correction maximale de la TPLO. Là encore le guide de TPLO peut faciliter l'orientation.<sup>35</sup>

## V. SUIVI POST-OPERATOIRE ET COMPLICATIONS POSSIBLES

### 1. Evaluation, soins et suivi post-opératoires

Des radiographies post-opératoires doivent être réalisées. L'alignement et l'apposition des segments osseux, la localisation des broches de fixation du guide, la position de la plaque de TPLO, et l'alignement du membre sont contrôlés.

L'exercice doit être strictement restreint durant 4 semaines, on pourra conseiller une mise en cage chez le chat durant cette période. S'ensuit une reprise très progressive de l'exercice les 4 semaines suivantes. Chez le chien des balades en laisse dont le temps augmente progressivement sont préconisées. On peut envisager chez le chat un accès progressif à une puis plusieurs pièces de la maison en restant vigilant sur l'activité de l'animal dans ces pièces. Des séances de physiothérapie précoces semblent accélérer le retour fonctionnel du membre.

Des radiographies de contrôle doivent être réalisées 6 à 8 semaines après l'intervention pour évaluer la cicatrisation osseuse.<sup>35</sup>

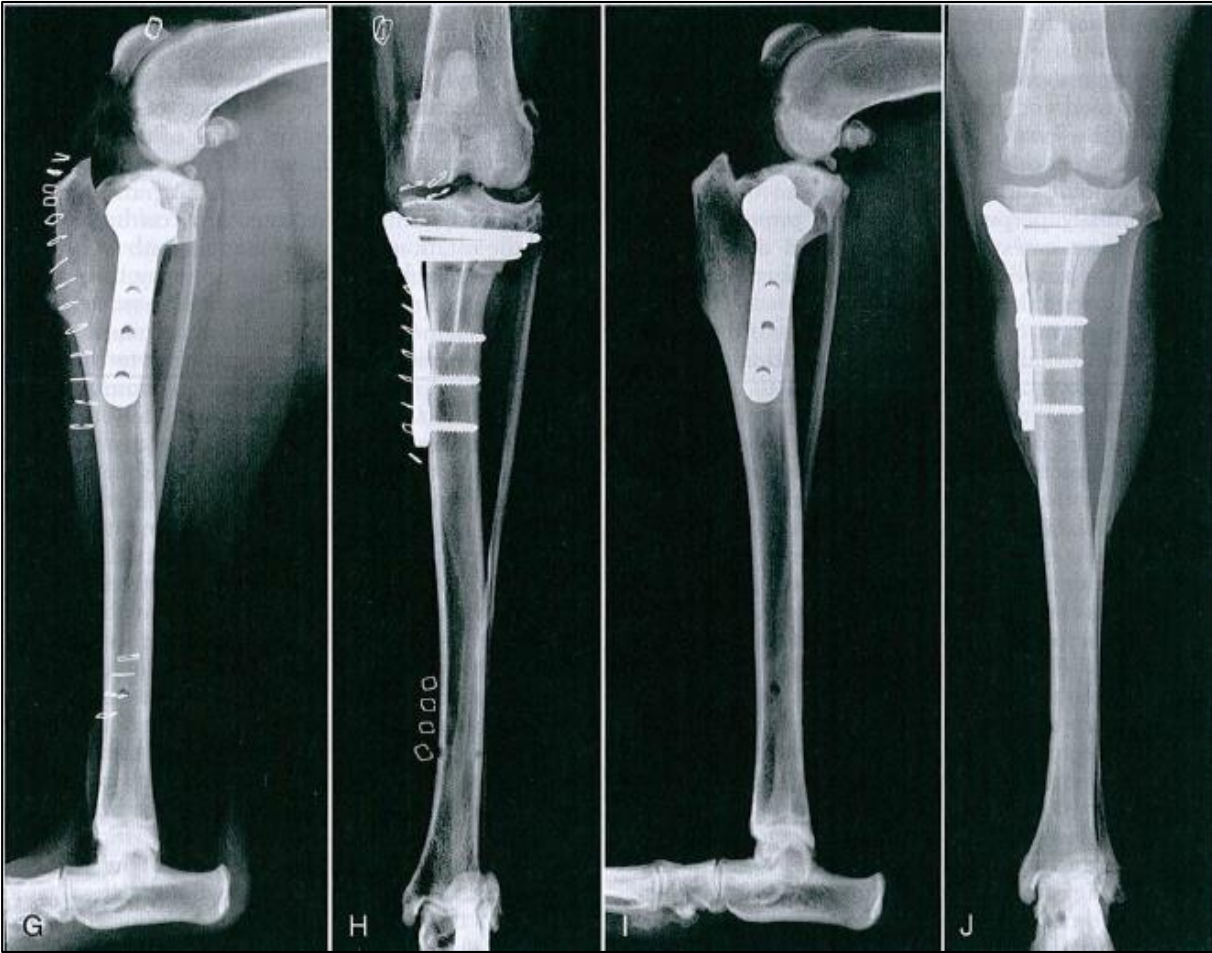


Figure 24 : Radiographies de grasset de chien ayant subi une TPLO avec un bon résultat <sup>35</sup>  
 G et H : Radiographies postopératoires respectivement médio-latérale et crânio-caudale. La position d'ostéotomie, l'angulation, l'apposition, la localisation des broches de fixation du guide et la position de la plaque sont satisfaisants.  
 I et J : Radiographies de suivi respectivement médio-latérale et crânio-caudale 8 semaines postopératoires. Une cicatrisation osseuse avec un remodelage osseux ainsi qu'une bonne stabilité de l'implant sont visualisés.

## 2. Complications possibles.

Il a été noté un taux de complications de 11,4 <sup>12</sup> 18,8 <sup>62</sup> et 28 <sup>45</sup> % selon les études. Les complications peropératoires incluent des fractures tibiales, un placement intra-articulaire de vis ou de broche proximale de fixation du guide, des hémorragies importantes souvent liées à la lacération de l'artère tibiale crâniale, des ruptures de mèche, des fractures fibulaires, un placement de vis dans le trait d'ostéotomie, des oublis de compresses dans le site chirurgical, des ruptures de vis ou de broches. La plupart d'entre elles sont des erreurs techniques et leur apparition diminue avec l'expérience du chirurgien.

Une étude rétrospective portant sur 1519 TPLO réalisées a montré un taux de complications majeures de 3.1% nécessitant pour la plupart d'entre elles des réinterventions chirurgicales. Le taux de complications mineurs a été de 8.3%.<sup>12</sup>

Des complications à court terme (définies comme apparaissant dans les 14 jours), celles impliquant le site d'incision sont les plus fréquentes <sup>62</sup>. Ce sont majoritairement un gonflement ou une inflammation des tissus, une irritation consécutive au bandage, des séromes, des déhiscences de plaie, des infections, des hématomes, œdèmes ou suffusions. Des automutilations peuvent aussi entraîner des complications à court terme. Moins fréquemment des fractures tibiales ou une distension de la capsule articulaire peuvent avoir lieu.

Les complications à long terme (au moins 15 jours post-opératoire) incluent un épaississement du tendon patellaire, des fractures de la tubérosité tibiale, des réactions périostées, des ostéomyélites, des déchirures méniscales, un lâchage du matériel d'ostéosynthèse ou des ruptures de vis, des cavités liquidiennes inflammatoires consécutives à des oublis de compresses, des fractures fibulaires ou patellaires, des arthrites septiques, des séquestres osseux, des fractures du tibia <sup>45, 62</sup>, des luxations du tendon du muscle long extenseur des doigts <sup>22</sup>.

En cas de fracture de la tubérosité tibiale, une restriction de l'exercice peut suffire si elle n'est pas ou peu déplacée. Cependant en cas de déplacement important, particulièrement si la fracture est associée à un échec d'ostéosynthèse, une réintervention chirurgicale est nécessaire.

L'épaississement du tendon patellaire peut être responsable de boiterie dans les mois suivant l'intervention. Il est plus souvent rencontré chez les animaux en surpoids et sur les réductions de l'APT inférieures à 6°. La distance entre l'insertion du tendon sur la tubérosité tibiale et l'éminence intercondylienne représente le bras de levier offrant un gain de puissance au mécanisme du quadriceps fémoral. La réduction de cette distance, surtout lors de faible APT postopératoire entraîne des contraintes plus importantes sur le tendon pouvant mener à son épaississement <sup>9</sup>.

Les TPLO réalisées sur les 2 grassets en une seule intervention montrent un taux de complication supérieur

## **PARTIE B : Matériel et méthodes**

# INTRODUCTION

Lorsque l'on étudie la RLCCr des animaux de compagnie, une constatation récurrente en ressort : beaucoup de données concernent le chien mais très peu sont reportées chez le chat. Un vaste panel d'options chirurgicales s'ouvre au praticien dans le traitement de cette affection. Alors que plusieurs études biomécaniques ont permis de vérifier la validité de ces techniques chez le chien, notamment pour les méthodes de stabilisation active, aucune n'a été publiée à ce jour pour le chat à notre connaissance. Le but de nos travaux a été d'évaluer chez le chat l'ostéotomie de nivellement du plateau tibial (TPLO) qui semble être actuellement la technique qui procure les meilleurs résultats chez le chien (Bergh et al. <sup>8</sup>). Quasiment aucune donnée scientifique n'évalue l'adaptation de cette technique chez le chat et seul un unique cas clinique a été rapporté à ce propos.

Notre étude avait pour but d'évaluer ex vivo l'efficacité de la TPLO chez le chat. Pour cela, nous avons reproduit artificiellement la pression exercée sur les membres pelviens et mesuré l'amplitude de subluxation tibiale crâniale et l'angle de rotation tibiale après section du LCCr puis après réalisation de TPLO.

# CHAPITRE I :

## OBTENTION ET PREPARATION DES SPECIMENS

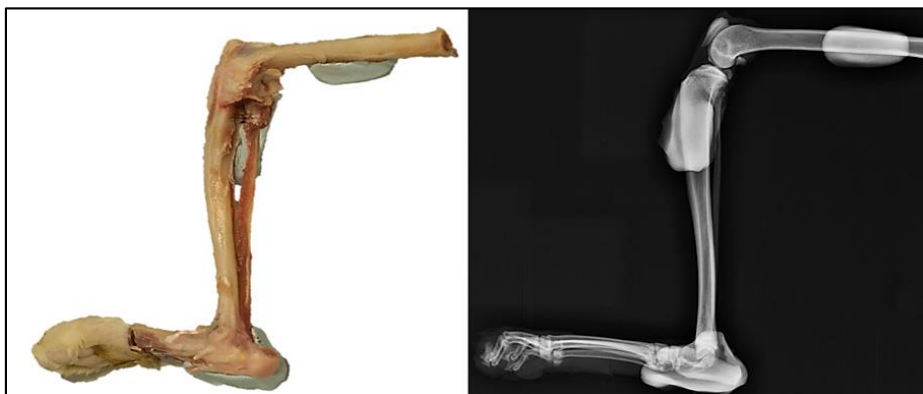
### **I. OBTENTION DES SPECIMENS**

Les membres pelviens collectés ont été retirés de cadavres de chats au service d'autopsie de l'Ecole vétérinaire de Toulouse. Les animaux d'origine étaient des mâles et femelles adultes. La mort ou l'euthanasie était consécutive à des raisons indépendantes de notre étude. Des radiographies de contrôle et une observation directe ont montré qu'aucun d'entre eux ne présentait d'affection du grasset. En cas d'anomalies osseuses ou articulaires (fracture, arthrose, fibrose capsulaire...) les spécimens ont été écartés. Les membres furent décharnés de tous leurs tissus mous de l'aspect proximal des métatarses à l'aspect proximal du fémur en conservant les capsules articulaires avec les ligaments du grasset et du tarse. Une fois cette préparation terminée, tous les spécimens ont été enroulés dans une alèse imbibée d'une solution saline (NaCl 0.9%) puis congelés à -20°C jusqu'à la réalisation du test. Vingt quatre heures avant de réaliser l'étude, ils ont été sortis du congélateur pour être dégelés à température ambiante.

### **II. PREPARATION DES SPECIMENS**

#### **1. Radiographie du membre nu**

Avant toute préparation, les membres ont été positionnés avec un angle d'ouverture de 90° pour le tarse et le grasset afin de déterminer l'APT de départ et de vérifier que le membre ne présentait pas d'images anormales. La position était maintenue au moyen de plots en résine époxy modelés. La superposition des condyles fémoraux a été contrôlée par fluoroscopie avant de prendre le cliché radiographique (Figure 25). Les constantes alors utilisées étaient de 40kV, 40 mAs.



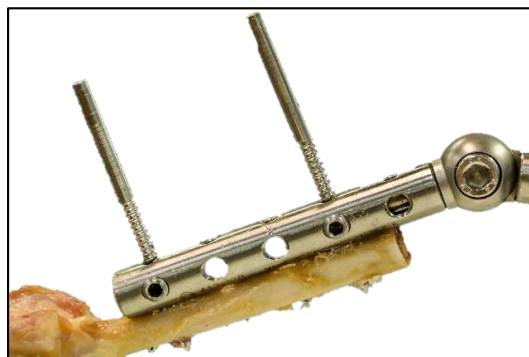
*Figure 25: Positionnement du membre et radiographie de détermination de l'APT*



## **2. Fixation du membre au système de liaison à la presse**

Une ostéotomie transverse immédiatement distale au grand trochanter a été réalisée sur le fémur et les os sésamoïdes médial et latéral du muscle gastrocnémien ont été retirés.

Le fémur a été fixé crânialement à un fixateur externe tubulaire articulé (FESSA) de 12 mm par deux broches à filetage négatif de 4mm (Figure 26). Ce fixateur a permis de lier mécaniquement le membre à la presse.



*Figure 26 : FESSA en place sur le fémur*

## **3. Mise en place des points de marquage**

Des marqueurs sphériques radio-opaques (Plombs de pêche n°13, 1mm, 0,009g, Decathlon) ont été collés aux os avec de la colle (Super Glue 3, Power flex, Loctite, Henkel S.A.) centrés sur la face médiale à hauteur de la région proximale et distale de la diaphyse du fémur et du tibia, en région proximale de la diaphyse du deuxième métatarse et au centre du sommet du calcaneus.

Un autre marqueur a été placé immédiatement proximo-caudalement au ligament collatéral médial, quelques millimètres distalement à son insertion proximale afin de vérifier le mouvement de subluxation tibio-fémorale. Celui-ci a été appliqué dans un trou ménagé dans l'épicondyle fémoral (mèche de 1.5mm) afin de rester fixe en permanence et de ne pas se déplacer avec la capsule articulaire lors de la subluxation crâniale du grasset. (Figure 27)

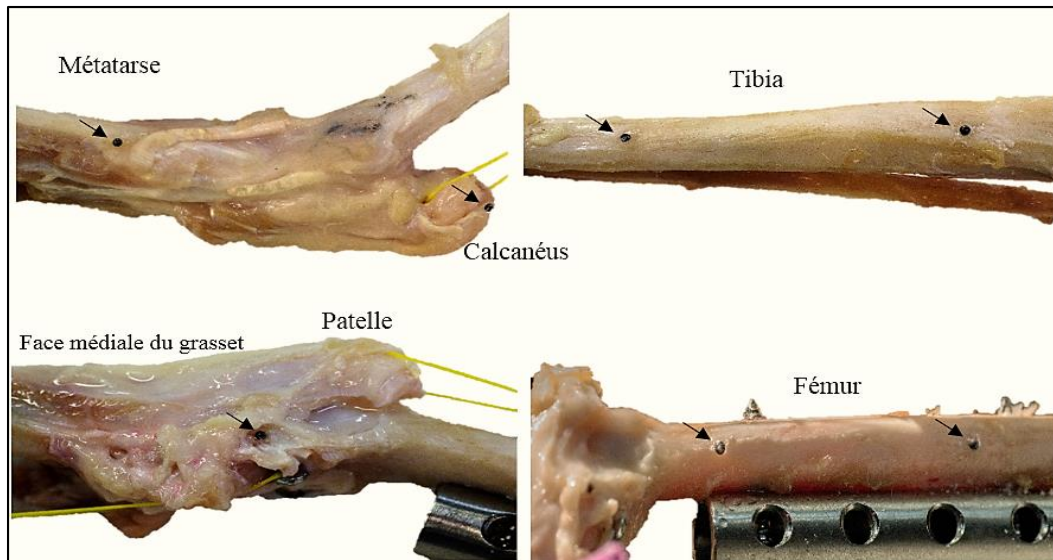


Figure 27 : Localisation des marqueurs plombés

Un tube creux de 2,5 mm (bâton de coton tige) a été inséré dans un trou d'ostéotomie (mèche de 2,5 mm) ménagé dans le tibia caudalement au ligament collatéral médial. Ce tube a été soigneusement mis en place de sorte à être le plus perpendiculaire possible au tibia. Le positionnement a été ajusté avec une aiguille par fluoroscopie pour correspondre au centre de rotation de TPLO (Figure 28).



Figure 28 : Positionnement du tube correspondant au centre de rotation de TPLO

Une radiographie a ensuite été prise afin de vérifier le bon positionnement du trou (Figure 29).



Figure 29 : Radiographie de contrôle du trou permettant le placement du tube

Deux marqueurs plombés éloignés l'un de l'autre de 20mm se trouvaient dans le tube, l'un a été placé précisément au niveau de la surface de l'os, caudalement au ligament collatéral médial. Ces deux marqueurs ont permis d'évaluer rapidement la rotation tibiale en observant les radios et le marqueur au niveau de la surface de l'os permettait de plus d'évaluer la subluxation tibio-fémorale.

#### **4. Mise en place des systèmes de simulation de la tension musculaire**

Le mécanisme du quadriceps a été ensuite mimé au moyen d'un fil de pêche tressé (Bobine Cat braid lures de 200m 81 Lb 31kg 0.40mm, Cat spirit). Après être passé dans un tunnel osseux ménagé transversalement avec une mèche de 1.5 mm et centré dans la patelle, le fil a été connecté à un ridoir (Ridoir de cuivre, M3x33/55, Topmodel SAS). L'autre extrémité du ridoir a été reliée au fixateur tubulaire par l'intermédiaire d'un ressort (Ressort d'acier galvanisé, 1x7x30 mm, 9kg). En reproduisant le mécanisme du quadriceps fémoral, ce système a permis d'ajuster et de maintenir l'angle d'ouverture du grasset (Figure 30).

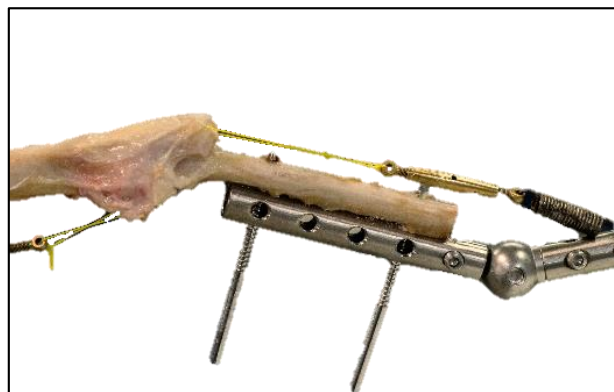
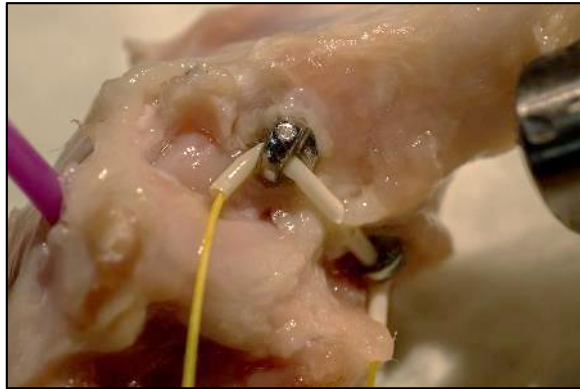
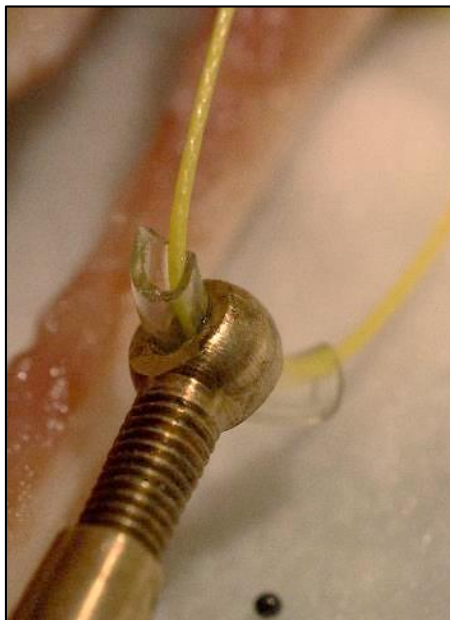


Figure 30 : Système reproduisant le quadriceps fémoral

Le même fil de pêche tressé a été utilisé pour reproduire le mécanisme du muscle gastrocnémien. Il a été passé dans un tunnel osseux percé avec une mèche de 1.5 mm transversalement dans le tiers proximal du calcaneus puis relié à un ridoir. Deux ancres (Ancre chirurgicale 2.7 mm, Stainless steel, Vet Inst) ont été placées au niveau des articulations fémoro-fabellaires. Un fil du même type reliait les ancres à l'extrémité libre du ridoir. Des cathéters ont été au préalable passés dans les ancres (Figure 31) et une tubulure d'aiguille épijet dans le ridoir afin d'éviter les ruptures de fil par cisaillement (Figure 32).

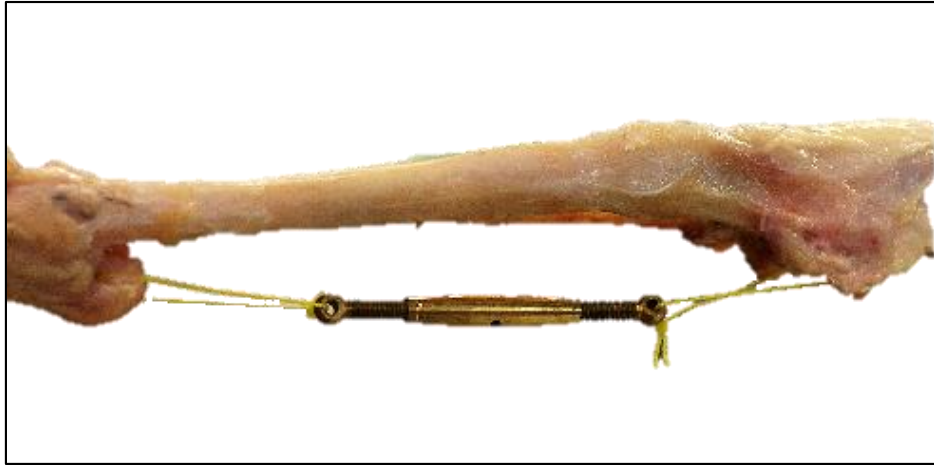


*Figure 31 : Passage du fil dans les ancres*



*Figure 32 : Passage du fil dans le ridoir*

Ce système reproduisant la tension du muscle gastrocnémien avec le tendon d'Achille a permis d'ajuster et de maintenir l'ouverture de l'articulation du tarse (Figure 33).



*Figure 33 : Système reproduisant le muscle gastrocnémien*

# **CHAPITRE II :**

## **REALISATION DES TESTS BIOMECHANIQUES**

### **I. REALISATION DES TESTS BIOMECHANIQUES**

#### **1. Positionnement du membre avant la mise en charge**

L'extrémité libre du fixateur tubulaire a été fixée à la presse par un écrou. La presse était un montage fait sur mesure d'une plaque de plexiglas coulissant librement sur 4 tubes métalliques (Figure 34).

Le fémur a été maintenu par la charnière du fixateur externe bloquée à un angle de 65° par rapport à l'horizontale correspondant à un angle d'ouverture de hanche d'une centaine de degrés. L'ensemble formé par la partie coulissante de la presse et le membre fixé a été pesé puis le poids a été noté afin d'ajuster les 30% du poids de l'animal.

Ce bloc a été remis en place puis le fixateur tubulaire a été ajusté pour que l'alignement soit respecté et qu'aucun varus/valgus ou rotation des os ne soient présents avant d'appliquer la charge à la presse. Le bon alignement vertical du membre dans l'axe sagittal a été contrôlé grâce à un fil relié à un plomb et avec un marqueur plombé en son milieu faisant office de pendule dans ce plan et servant de repère.

La position du fémur a ensuite été ajustée sur la table de radiographie par fluoroscopie afin que les condyles fémoraux soient bien superposés, attestant d'un positionnement précis et répétable.

#### **2. Mise en charge**

Une fois le membre correctement positionné, une charge correspondant à 30 % du poids de l'animal a été appliquée sur la plaque de plexiglas supérieure avec des pots de plâtre (Figure 34).

Les angles du grasset et du tarse ont été ajustés grâce à la position du pied et grâce à la tension réglable des ridoirs à 65° pour le fémur par rapport à l'horizontale, 100° et 120° pour le grasset, 100° et 120° pour le tarse. Le positionnement se faisait au moyen d'un calque sur lequel étaient tracés les angles désirés. Les traits du calque ont été superposés aux lignes formées par les repères plombés des os.

Une feuille de papier de verre sur laquelle reposait l'extrémité du membre a été fixée au support de la presse pour éviter tout glissement du membre suite à la charge appliquée dessus.

Une radiographie médio-latérale du membre en charge a été prise, centrée sur l'articulation du grasset afin de déterminer l'amplitude de subluxation tibiale crâniale à 120 et 100° et de vérifier les angles d'ouverture

des articulations. Des photographies permettaient par la suite de mesurer l'angle de rotation tibiale à 120 et 100°. On notera la série à 120° série A et à 100° série B.

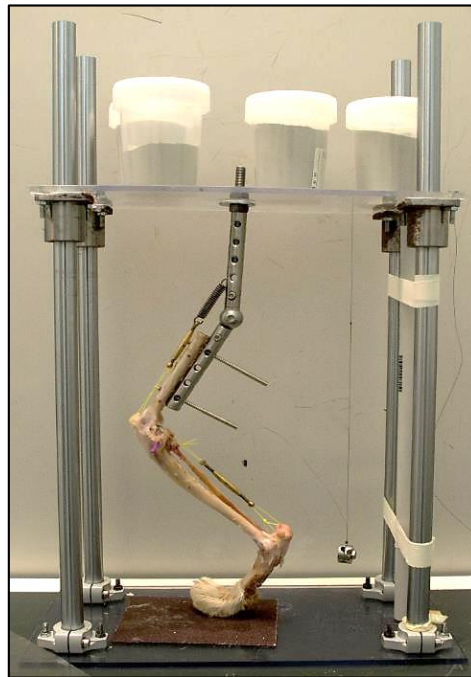


Figure 34 : Positionnement du membre dans la presse à la mise en charge

### **3. Mesures photographiques**

Chaque cliché radiographique a été accompagné d'un cliché photographique permettant de quantifier l'angle de rotation tibial (ART).

Un bâtonnet de coton tige a été fixé de manière perpendiculaire à la branche du fixateur externe tubulaire reliée à la presse. L'ART a été par la suite défini par l'angle formé entre ce bâtonnet et celui fixé perpendiculairement au tibia.



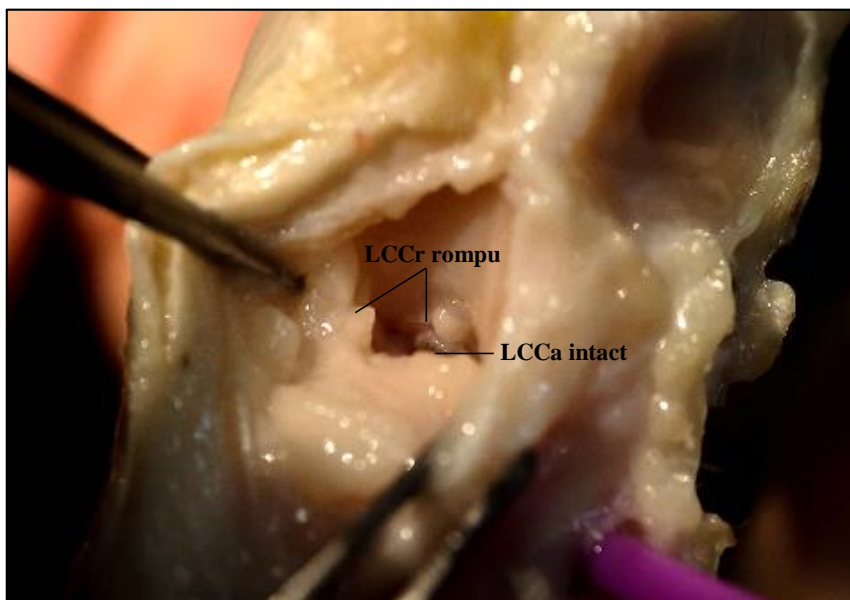
Figure 35 : Cliché permettant de déterminer l'ART

Une photo a été réalisée l'appareil horizontal au-dessus de la presse (Figure 35). Pour un maximum de précision et de répétabilité, la distance focale a été maintenue fixée ; lors de la mise au point, le cadrage a été facilité par un quadrillage affiché à l'écran permettant de centrer chaque cliché au milieu de la vis de fixation du fixateur externe tubulaire. Lors de la première mise en place du membre dans la presse, un trait suivant la direction du bâtonnet perpendiculaire au fixateur tubulaire a été tracé sur la platine supérieur. Ce trait permettait de vérifier que le fixateur n'avait pas été déplacé par mégarde et permettait en plus de vérifier que chaque cliché photographique avait été pris selon le même angle. En effet, si la photographie était prise alors que le bâtonnet et le trait n'était pas superposés, il en découlerait une variation de l'ART artéfactuelle liée au mauvais positionnement de l'appareil photo. Une faible ouverture de diaphragme (1/32) a été imposée à l'appareil photo afin d'obtenir une image nette au niveau des 2 bâtonnets et de faciliter la lecture.

L'angle de rotation tibiale a été ainsi obtenu pour les séries A et B.

#### **4. Section du LCCr**

Une arthrotomie médiale du grasset a été ensuite réalisée et le corps adipeux retiré. Une section du LCCr a été réalisée (Figure 36) et l'articulation a été alors refermée au fil 4-0 polyamide irrésorbable (Figure 37).



*Figure 36 : Cavité articulaire du grasset après transection du LCCr*



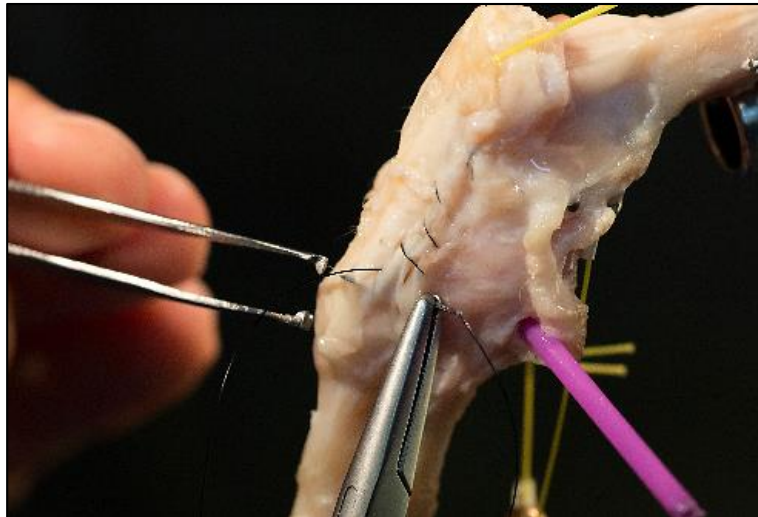


Figure 37 : Fermeture de l'arthrotomie

Le membre a été ensuite repositionné en charge exactement de la même manière qu'avant la section et des clichés radiographiques et photographiques pris selon la même incidence permirent de déterminer les nouvelles valeurs après section du LCCr (Figure 38).

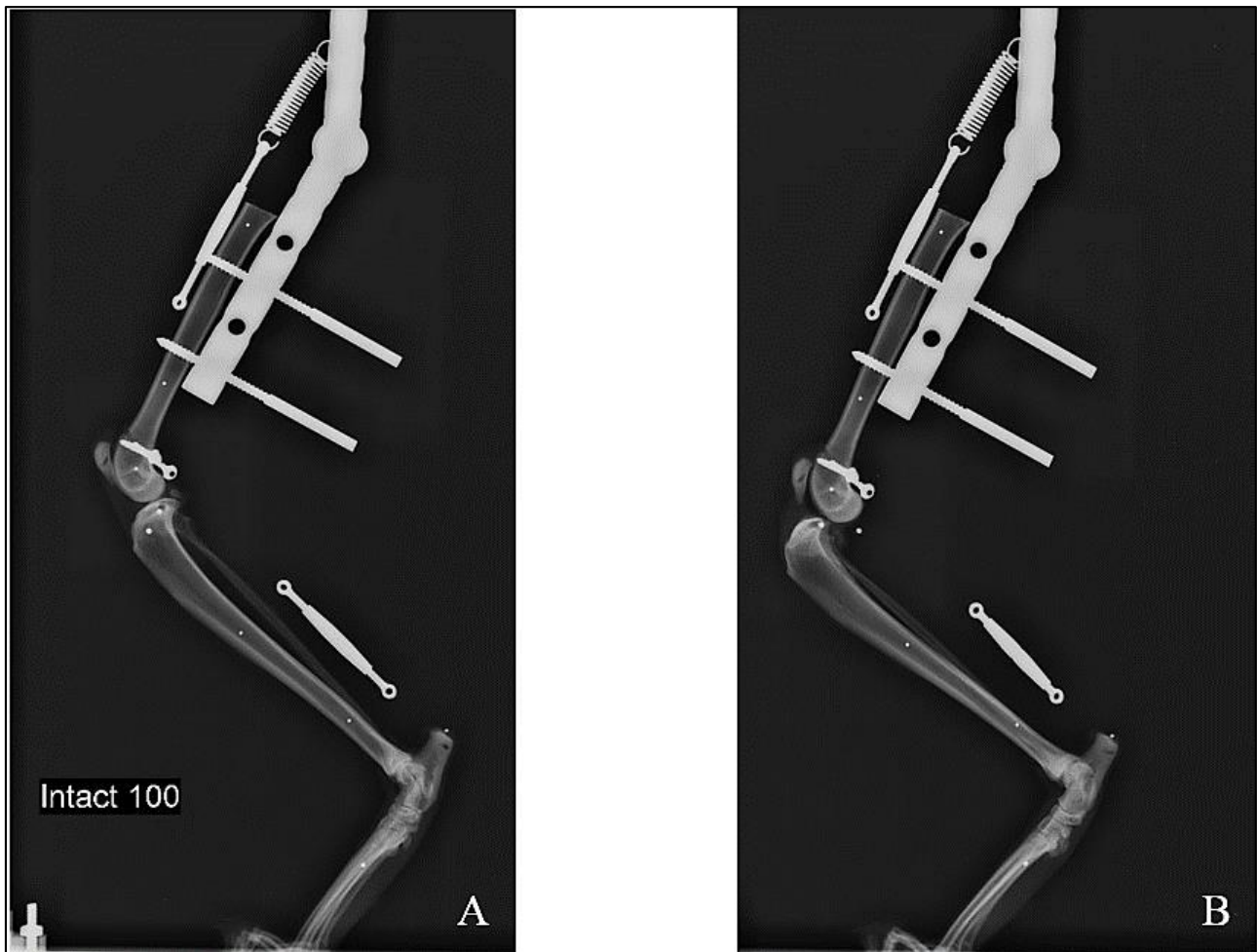
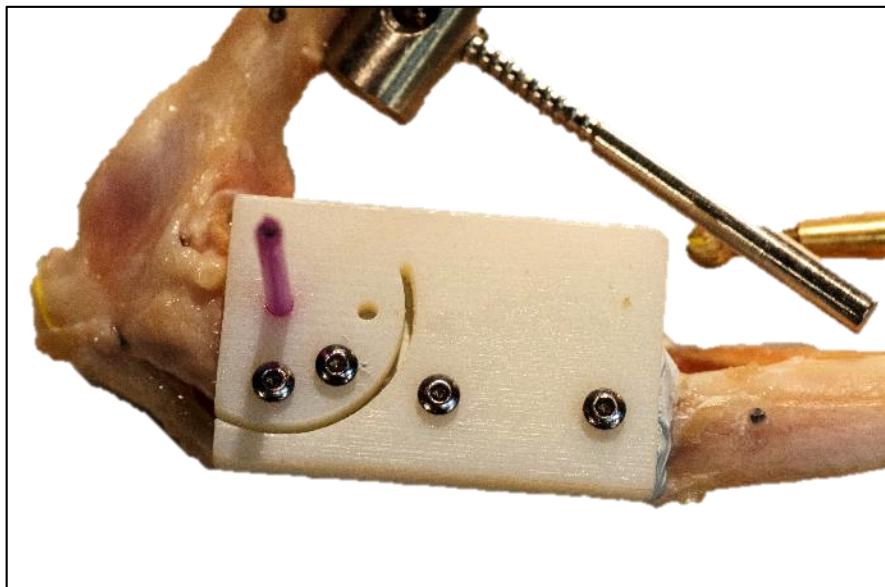


Figure 38 : Radiographies de membres mis en charge à 30% du poids. Avant section, LCCr intact (A) et après section du LCCr (B)

*Le grasset et le tarse sont maintenus avec un angle d'ouverture de 100° sur chaque cliché. On notera la différence de distance et de position entre les deux marqueurs du tube creux sur le cliché de membre intact par rapport à celui du membre ayant subi une section du LCCr. Cette variation met en évidence la rotation interne du tibia et permet de calculer l'ARTR. L'ASTC est mesurée grâce à la variation de distance entre les marques radio-opaques placées sur l'insertion proximale du ligament collatéral médial et celle placée caudalement au ligament.*

## **5. Réalisation de la TPLO**

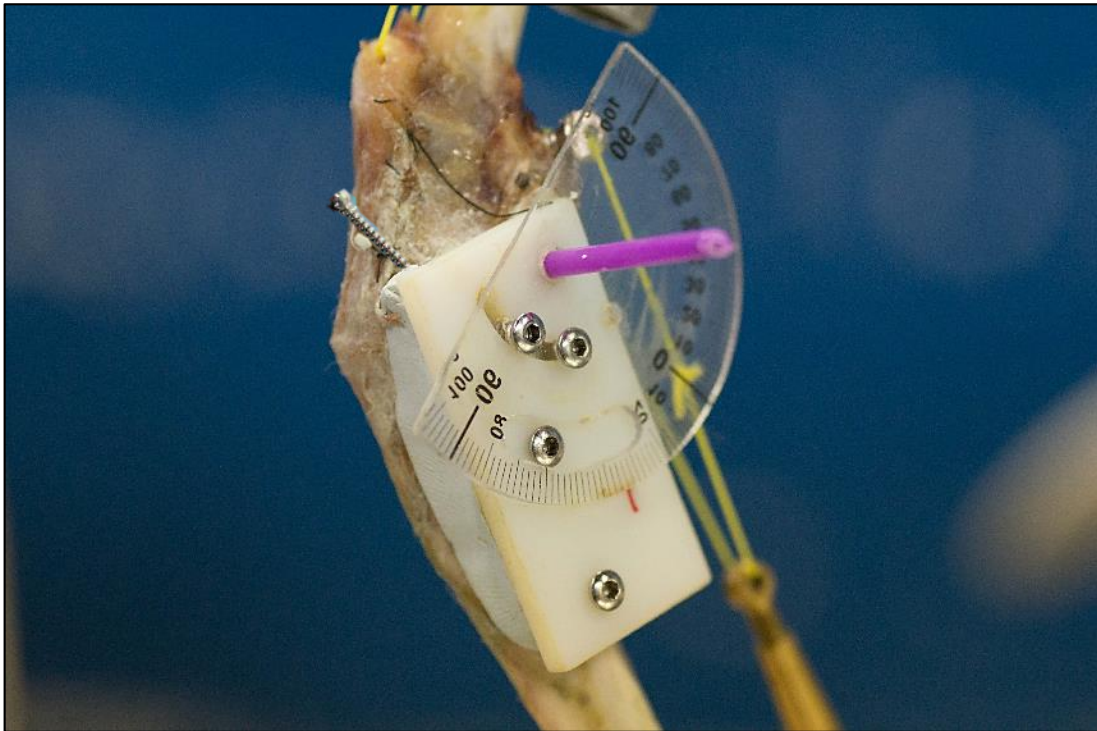
Le membre a été retiré de la presse puis une TPLO modifiée a été réalisée. Pour cela un moulage de résine époxy a été appliqué sur la face médiale de la partie proximale du tibia. Un guide de coupe et de perçage pour la TPLO modifiée réalisé sur mesure par imprimante 3D a été positionné grâce au tube puis appliqué sur la résine encore molle. Le moulage a été laissé en place jusqu'à ce qu'il sèche. Le guide a été ainsi stabilisé en congruence avec la surface non plane du tibia. Des trous ont été ménagés dans l'os au travers de ceux du guide avec une mèche de 1.5mm puis elle a été ensuite fixée à l'about distal du tibia par des vis de 2 mm après taraudage (Figure 39). Une ostéotomie radiale a été ménagée dans le guide (lame de 12 mm de rayon, 0,6mm d'épaisseur, DePuy Synthes Vet, Johnson-Johnson) une fois celui-ci fixé par 2 vis de chaque côté du trait d'ostéotomie.



*Figure 39 : Guide de coupe et de perçage*

Les vis et le guide ont ensuite été retirés et la plaque de TPLO modifiée a été mise en place selon les mêmes points de repère que le guide (tube et trous). Une partie de rapporteur a été mise en place sur la plaque et fixée par 2 vis à l'about proximal. Une encoche circulaire calquée sur celle de la plaque où pouvait coulisser ces dernières vis permettait de faire tourner l'about proximal selon l'angle désiré en plaçant au départ le zéro du rapporteur sur un repère, avant toute rotation. Après l'obtention de l'angle désiré, l'about a été

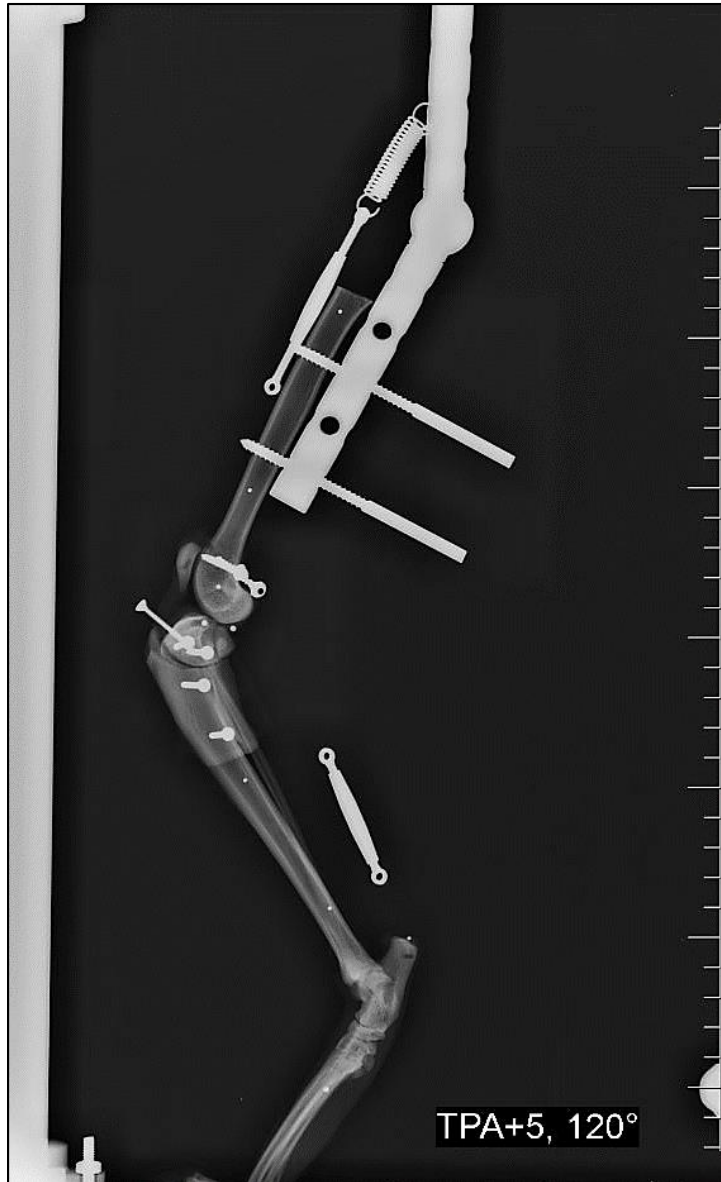
maintenu en place en serrant ces 2 vis et une troisième dans l'encoche de la plaque a permis un affinement du réglage et un blocage supplémentaire (Figure 40).



*Figure 40 : Plaque de TPLO modifiée*

## **6. Radiographies suivant la TPLO**

Le membre a été ensuite replacé en charge exactement de la même manière que précédemment. En fonction de l'APT naturel mesuré au départ, le plateau tibial a été incliné au moyen de la plaque modifiée afin d'obtenir consécutivement un APT de  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ . Pour chaque angle imposé une radiographie médio-latérale a été réalisée selon la série A et B et les valeurs correspondantes d'ART et d'ASTC ont été relevées (Figure 41).



*Figure 41 : Radiographie prise avec un APT imposé de +5° - série A*

# CHAPITRE III :

## METHODES D'ANALYSE

### I. ANALYSES RADIOGRAPHIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE

Les radiographies obtenues ont été analysées avec un logiciel disponible dans le commerce (Osirix imaging software, Pixmeo). L'angle des articulations et l'ASTC ont été déterminés pour chaque radiographie.

L'ART a été déterminé avec un logiciel libre d'utilisation (Mesurim, Jean-François Madre) en mesurant simplement l'angle entre les deux bâtonnets comme il l'a été décrit précédemment.

#### 1. Mesure de l'angle du plateau tibial (APT)

La pente du plateau tibial a été définie par la ligne joignant les limites crâniale et caudale de la surface articulaire du condyle tibial médial. L'axe fonctionnel du tibia a été défini par la ligne joignant le centre du talus et l'éminence intercondylienne. La mesure de l'APT a été effectuée en traçant une ligne perpendiculaire à l'axe fonctionnel. L'angle formé entre cette dernière ligne et la pente du plateau tibial définissait notre APT (Figure 42).

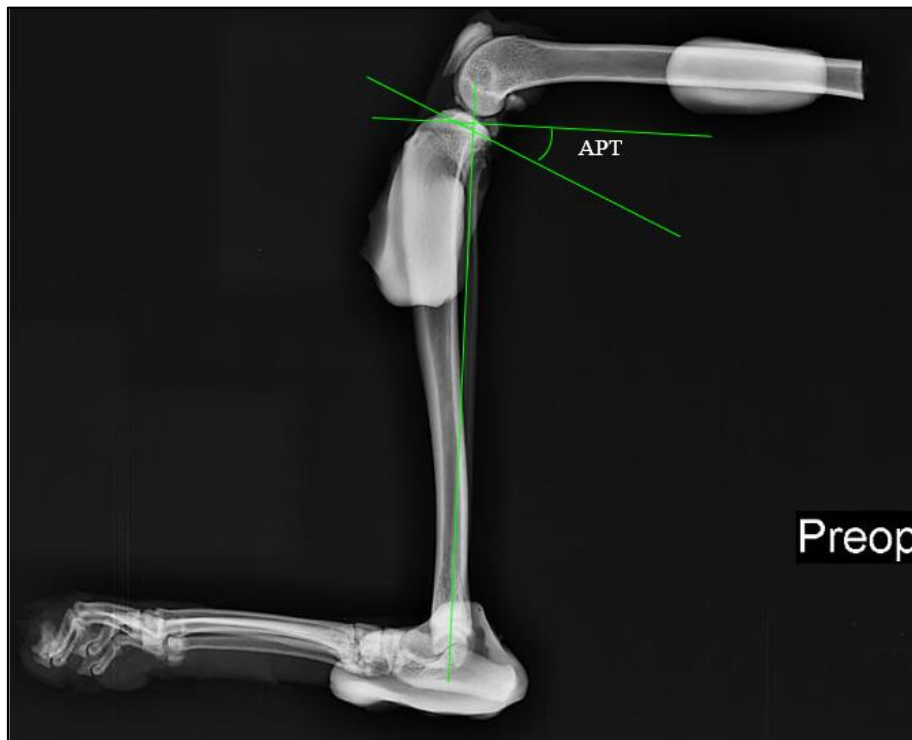


Figure 42 : Mesure radiographique de l'APT

## 2. Mesure de l'amplitude de la subluxation tibiale crâniale (ASTC)

L'ASTC a été déterminée en mesurant la variation horizontale de distance entre le marqueur de l'insertion proximale du ligament collatéral médial et celui situé dans le bâtonnet, caudalement au ligament collatéral médial. Cette subluxation a été évaluée par l'avancement du marqueur distal par rapport à sa position avant la section du LCCr (Figure 43). Les valeurs positives correspondent à une subluxation crâniale et négatives à une subluxation caudale. La distance mesurée pour le LCCr intact a été considérée comme référence pour laquelle la valeur nulle est attribuée.

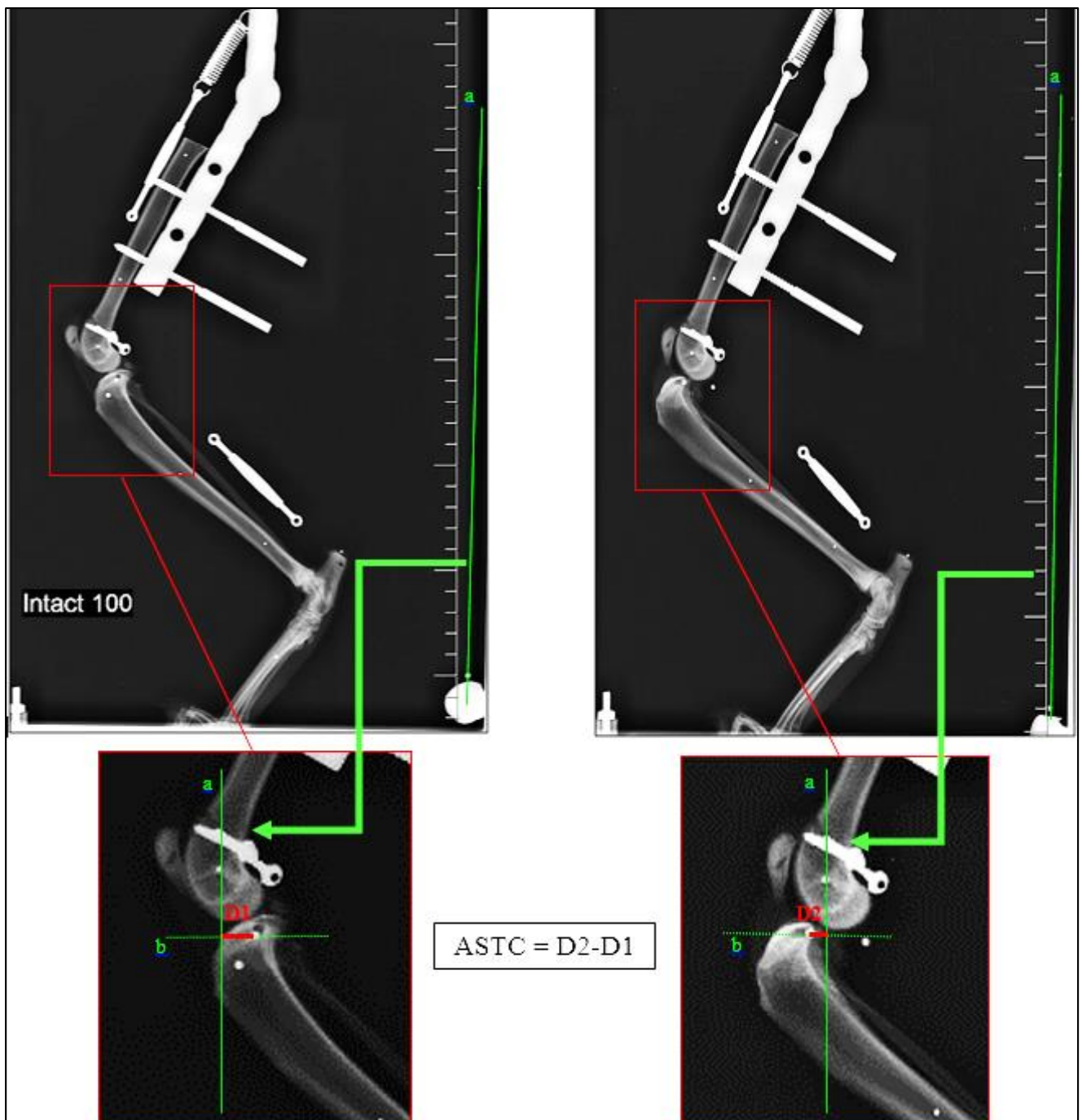


Figure 43 : Mesure radiographique de l'ASTC sur une radiographie réalisée avant section du LCCr (A) et suite à la section (B)

*Une ligne verticale a définie par la direction du pendule pour être parfaitement perpendiculaire à la table de radiographie et cela sans aucune variation entre clichés a été tracée passant par l'insertion proximale du ligament collatéral médial (a). Une ligne b a été tracée perpendiculairement à la précédente et passant par le marqueur tibial du ligament collatéral médial. La distance D entre ce point et la ligne verticale a été mesurée.*

L'ASTC d'un cliché radiographique est la différence entre D mesuré sur ce cliché et celui obtenu sur le cliché du membre en charge avant la transection du LCCr. Ainsi on considère l'ASTC nul lorsque le membre est intact. D négatif si le segment est à droite de a. L'ASTC est donc positif en cas de tiroir crânial.

## **II. ANALYSE STATISTIQUE**

Les résultats obtenus ont été exprimés selon leur moyenne  $\pm$  leur écart-type. La comparaison des valeurs d'ASTC et d'ART des différents groupes (LCCr intact, LCCr sectionné, TPLO -5°, TPLO 0°, TPLO +5°) a été réalisée au moyen de test t appariés avec correction de Bonferonni. Le seuil de significativité a été fixé à  $p < 0,05$ .

Pour chacun des tests, l'hypothèse  $H_0$  à rejeter était que les moyennes des 2 variables comparées étaient significativement similaires. L'hypothèse alternative  $H_1$  était donc que ces moyennes étaient significativement différentes.

## **PARTIE C : Résultats et discussion**



# CHAPITRE I : RESULTATS

## I. POPULATION ETUDIEE

10 membres pelviens provenant de 9 chats ont été étudiés (1 et 2 proviennent du même chat). L'ensemble des animaux prélevés étaient de race européenne. Par souci de répétabilité, la quasi-totalité des membres prélevés étaient des pattes droites (9). 6 membres provenaient de mâles (dont 4 castrés) et 4 de femelles (dont 3 stérilisées). L'ensemble des caractéristiques des animaux est regroupé dans le tableau suivant. Les individus présentant des anomalies morphologiques ou des remaniements du membre ont été écartés (arthrose, fibrose articulaire...).

Figure 44 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents animaux prélevés

Spécimen	Latéralisation	Sexe	Statut physiologique	Age	Poids	APT
1	Droit	Mâle	Entier	7 ans	6,3 kg	23°
2	Gauche	Mâle	Entier	7 ans	6,3 kg	23°
3	Droit	Mâle	Castré	12 ans	3,9 kg	29°
4	Droit	Femelle	Stérilisée	7 ans	4,1 kg	29°
5	Droit	Mâle	Castré	7 ans	4 kg	35°
6	Droit	Mâle	Castré	4,5 ans	3,8 kg	31°
7	Droit	Femelle	Entière	6 ans	3,3 kg	27°
8	Droit	Femelle	Stérilisée	6 ans	3,4 kg	28°
9	Droit	Mâle	Castré	10 ans	4 kg	29°
10	Droit	Femelle	Stérilisée	15 ans	3,8 kg	30°
Moyenne				8,15 ± 3,2	4,29 ± 1,1	28,4 ± 3,6

## II. RESULTATS EXPERIMENTAUX

### 1. Vérification des angles d'ouverture des articulations par mesure radiographique

Les angles du fémur, du grasset et du tarse mesurés radiographiquement avec leurs moyennes et écarts-types ont été consignés dans les tableaux suivants avec leur comparaison statistique :

Figure 45 : Tableau des angles formés par les os mesurés radiographiquement – série A

Fémur	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°	Grasset	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°	Tarse	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°
Sp 1	64,9	63,4	63,2	63,1	62,7	Sp 1	119,2	118,3	118,9	119,3	119,7	Sp 1	111,6	102,3	108,9	105,7	116,8
Sp 2	63,8	64,2	64,2	64,4	63,6	Sp 2	118,0	119,2	121,9	121,8	120,5	Sp 2	108,2	106,8	114,4	112,2	108,4
Sp 3	65,3	67,2	65,9	66,3	65,7	Sp 3	120,7	122,5	119,7	121,2	122,5	Sp 3	110,9	113,0	116,4	115,5	116,6
Sp 4	66,9	67,2	66,6	66,1	66,5	Sp 4	121,6	119,3	119,2	121,0	120,5	Sp 4	116,6	105,5	109,4	113,6	111,4
Sp 5	65,4	63,3	63,3	63,7	63,0	Sp 5	120,8	125,0	120,3	120,9	121,7	Sp 5	116,5	117,2	116,6	115,0	118,7
Sp 6	63,9	61,8	61,3	61,0	60,9	Sp 6	122,0	119,3	120,2	127,1	126,8	Sp 6	120,8	109,8	123,2	118,2	117,6
Sp 7	65,1	66,5	65,8	64,9	65,9	Sp 7	121,7	120,6	123,5	119,6	119,9	Sp 7	111,7	119,0	116,3	109,5	109,6
Sp 8	65,3	65,0	66,4	65,9	66,2	Sp 8	118,2	120,0	117,7	119,1	117,0	Sp 8	114,5	113,9	112,8	113,1	117,8
Sp 9	64,6	62,7	64,3	63,1	63,3	Sp 9	123,5	128,3	125,8	127,2	125,9	Sp 9	118,0	122,1	119,5	116,5	112,6
Sp 10	62,8	63,8	64,5	65,3	63,8	Sp 10	120,2	124,4	119,7	119,3	119,3	Sp 10	114,2	117,9	113,0	113,6	111,7
Moyenne	64,8	64,5	64,5	64,4	64,2	Moyenne	120,6	121,7	120,7	121,6	121,4	Moyenne	114,3	112,7	115,1	113,3	114,1
Ecart-type	1,1	1,9	1,7	1,7	1,8	Ecart-type	1,7	3,3	2,4	3,1	3,0	Ecart-type	3,8	6,5	4,4	3,6	3,8
Moyenne globale	64,5					Moyenne globale	121,2					Moyenne globale	113,9				
Ecart type global	1,6					Ecart type global	2,7					Ecart type global	4,4				

Figure 46 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'angles d'ouverture des articulations - série A

Variables étudiées	Différence d'angle du fémur par rapport à l'horizontal (°)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	0,304	-0,788	1,396	1,526	0,63	1
LCCr rompu / TPLO -5°	-0,036	-0,7	0,628	0,929	-0,123	1
LCCr rompu / TPLO 0°	0,12	-0,566	0,806	0,959	0,396	1
LCCr rompu / TPLO +5°	0,336	-0,236	0,907	0,799	1,328	1
LCCr intact / TPLO -5°	0,268	-0,784	1,32	1,471	0,576	1
LCCr intact / TPLO 0°	0,424	-0,75	1,598	1,641	0,817	1
LCCr intact / TPLO +5°	0,64	-0,444	1,723	1,514	1,336	1
TPLO -5° / TPLO 0°	0,156	-0,287	0,599	0,619	0,796	1
TPLO -5° / TPLO +5°	0,372	0,142	0,601	0,321	3,664	0,052
TPLO 0° / TPLO +5°	0,216	-0,29	0,722	0,707	0,964	1
	Différence d'angle du grasset (°)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	-1,113	-3,084	0,858	2,756	-1,277	1
LCCr rompu / TPLO -5°	1,003	-0,998	3,004	2,797	1,134	1
LCCr rompu / TPLO 0°	0,045	-2,564	2,654	3,647	0,039	1
LCCr rompu / TPLO +5°	0,326	-2,217	2,869	3,555	0,29	1
LCCr intact / TPLO -5°	-0,11	-1,514	1,294	1,962	-0,177	1
LCCr intact / TPLO 0°	-1,068	-2,746	0,61	2,346	-1,44	1
LCCr intact / TPLO +5°	-0,787	-2,297	0,723	2,111	-1,179	1
TPLO -5° / TPLO 0°	-0,958	-2,852	0,936	2,648	-1,144	1
TPLO -5° / TPLO +5°	-0,677	-2,62	1,266	2,716	-0,788	1
TPLO 0° / TPLO +5°	0,281	-0,466	1,028	1,044	0,851	1
	Différence d'angle du tarse (°)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	1,559	-3,206	6,324	6,661	0,74	1
LCCr rompu / TPLO -5°	-2,32	-6,416	1,776	5,725	-1,281	1
LCCr rompu / TPLO 0°	-0,553	-4,857	3,751	6,016	-0,291	1
LCCr rompu / TPLO +5°	-1,383	-6,905	4,139	7,719	-0,567	1
LCCr intact / TPLO -5°	-0,761	-3,741	2,219	4,166	-0,578	1
LCCr intact / TPLO 0°	1,006	-1,242	3,254	3,142	1,012	1
LCCr intact / TPLO +5°	0,176	-2,767	3,119	4,114	0,135	1
TPLO -5° / TPLO 0°	1,767	-0,447	3,981	3,095	1,805	1
TPLO -5° / TPLO +5°	0,937	-2,813	4,687	5,243	0,565	1
TPLO 0° / TPLO +5°	-0,83	-4,12	2,46	4,6	-0,571	1

Figure 47 : Tableau des angles formés par les os mesurés radiographiquement – série B

Fémur	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°	Grasset	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°	Tarse	Intact	Rompu	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°
Sp 1	62,4	62,6	62,2	64,0	62,7	Sp 1	101,2	101,2	103,5	103,0	99,6	Sp 1	99,1	99,2	92,9	104,7	98,1
Sp 2	63,8	62,7	64,4	64,0	64,2	Sp 2	104,5	101,7	101,5	102,8	101,9	Sp 2	96,0	90,3	92,0	92,5	93,3
Sp 3	64,1	65,4	66,2	66,2	65,9	Sp 3	103,0	100,1	102,7	101,3	100,8	Sp 3	98,4	92,3	105,7	95,0	96,9
Sp 4	66,4	66,8	66,0	66,1	66,4	Sp 4	100,7	101,6	102,5	102,3	102,3	Sp 4	100,5	94,0	90,2	101,0	118,7
Sp 5	65,2	65,7	62,1	62,2	62,1	Sp 5	106,8	103,5	99,3	101,3	102,2	Sp 5	107,3	98,8	101,4	102,6	105,7
Sp 6	61,7	61,3	61,6	63,3	61,5	Sp 6	105,6	99,7	103,2	105,9	106,7	Sp 6	110,7	92,8	98,8	103,2	100,3
Sp 7	66,1	66,2	64,3	66,0	65,7	Sp 7	99,9	101,9	101,8	102,9	100,4	Sp 7	92,5	98,4	105,1	101,7	93,2
Sp 8	65,4	65,7	66,8	66,2	66,3	Sp 8	99,5	98,6	102,0	99,2	96,3	Sp 8	99,4	97,8	103,3	93,1	98,4
Sp 9	62,9	64,3	64,2	64,1	63,4	Sp 9	105,0	103,8	106,3	105,6	103,3	Sp 9	97,3	99,4	101,6	99,5	95,8
Sp 10	63,1	62,0	65,2	63,6	63,8	Sp 10	103,1	103,0	103,9	97,2	101,7	Sp 10	100,3	107,1	109,3	97,5	100,4
Moyenne	64,1	64,3	64,3	64,6	64,2	Moyenne	102,9	101,5	102,7	102,1	101,5	Moyenne	100,1	97,0	100,0	99,1	100,1
Ecart-type	1,6	2,0	1,8	1,4	1,8	Ecart-type	2,5	1,7	1,8	2,6	2,7	Ecart-type	5,3	4,9	6,4	4,3	7,5
Moyenne globale	64,3					Moyenne globale	102,1					Moyenne globale	99,3				
Ecart type global	1,7					Ecart type global	2,3					Ecart type global	5,7				

Figure 48 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'angles d'ouverture des articulations - série B

Variables étudiées	Différence d'angle du fémur par rapport à l'horizontal (°)	Interval de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	-0,15	-0,759	0,459	0,851	-0,557	1
LCCr rompu / TPLO -5°	-0,055	-1,4	1,29	1,881	-0,092	1
LCCr rompu / TPLO 0°	-0,312	-1,447	0,823	1,587	-0,622	1
LCCr rompu / TPLO +5°	0,064	-0,999	1,127	1,486	0,136	1
LCCr intact / TPLO -5°	-0,205	-1,399	0,989	1,67	-0,388	1
LCCr intact / TPLO 0°	-0,462	-1,49	0,566	1,437	-1,017	1
LCCr intact / TPLO +5°	-0,086	-0,995	0,823	1,271	-0,214	1
TPLO -5° / TPLO 0°	-0,257	-1,056	0,542	1,116	-0,728	1
TPLO -5° / TPLO +5°	0,119	-0,431	0,669	0,769	0,49	1
TPLO 0° / TPLO +5°	0,376	-0,108	0,86	0,677	1,757	1
	Différence d'angle du grasset (°)	Interval de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	1,426	-0,232	3,084	2,318	1,946	0,835
LCCr rompu / TPLO -5°	-1,146	-2,807	0,515	2,321	-1,561	1
LCCr rompu / TPLO 0°	-0,63	-2,816	1,556	3,056	-0,652	1
LCCr rompu / TPLO +5°	0,015	-1,893	1,923	2,667	0,018	1
LCCr intact / TPLO -5°	0,28	-2,002	2,562	3,19	0,278	1
LCCr intact / TPLO 0°	0,796	-1,341	2,933	2,987	0,843	1
LCCr intact / TPLO +5°	1,441	0,046	2,836	1,95	2,337	0,442
TPLO -5° / TPLO 0°	0,516	-1,434	2,466	2,726	0,599	1
TPLO -5° / TPLO +5°	1,161	-0,903	3,225	2,885	1,273	1
TPLO 0° / TPLO +5°	0,645	-1,055	2,345	2,377	0,858	1
	Différence d'angle du tarse (°)	Interval de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact / rompu	3,122	-2,187	8,431	7,422	1,33	1
LCCr rompu / TPLO -5°	-3,027	-6,977	0,923	5,522	-1,734	1
LCCr rompu / TPLO 0°	-2,064	-6,163	2,035	5,73	-1,139	1
LCCr rompu / TPLO +5°	-3,053	-9,54	3,434	9,068	-1,065	1
LCCr intact / TPLO -5°	0,095	-6,053	6,243	8,594	0,035	1
LCCr intact / TPLO 0°	1,058	-2,782	4,898	5,368	0,623	1
LCCr intact / TPLO +5°	0,069	-5,041	5,179	7,143	0,031	1
TPLO -5° / TPLO 0°	0,963	-5,081	7,007	8,449	0,36	1
TPLO -5° / TPLO +5°	-0,026	-8,364	8,312	11,655	-0,007	1
TPLO 0° / TPLO +5°	-0,989	-6,279	4,301	7,395	-0,423	1

Comme on peut le voir sur les tableaux précédents et pour une même série, il n'y a pas de différence significative des valeurs d'angles imposées aux os entre les différentes étapes.

## 2. ASTC en fonction de l'APT imposé

Les différents ASTC obtenus avec leurs moyennes sont consignés dans les tableaux suivants avec leurs comparaisons statistiques. Les valeurs positives correspondent à une subluxation crâniale et négatives à une subluxation caudale :

Figure 49: Tableau des résultats d'ASTC – série A

Tiroir (mm)	LCCr intact	LCCr sectionné	APT -5°	APT 0°	APT 5°
Sp 1	0,0	8,7	7,0	8,0	8,6
Sp 2	0,0	10,1	7,1	6,5	6,2
Sp 3	0,0	9,8	-4,9	4,3	9,8
Sp 4	0,0	7,5	3,0	6,4	7,5
Sp 5	0,0	6,4	-2,1	0,6	0,2
Sp 6	0,0	8,9	8,7	9,9	9,6
Sp 7	0,0	8,8	7,2	7,2	7,8
Sp 8	0,0	7,6	-2,7	5,4	6,0
Sp 9	0,0	8,2	6,8	7,8	7,9
Sp 10	0,0	10,3	6,1	7,3	7,7
Moyenne	0,0	8,6	3,6	6,3	7,1
Ecart-Type	0,0	1,3	5,0	2,5	2,7

Figure 50 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ASTC - série A

Variables étudiées	Différence d'ASTC (mm)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact /rompu	-8,631	-9,527	-7,736	1,252	-21,808	0
LCCr rompu / TPLO -5°	5,006	1,66	8,353	4,678	3,385	0,081
LCCr rompu / TPLO 0°	2,294	0,713	3,875	2,21	3,282	0,095
LCCr rompu / TPLO +5°	1,504	-0,044	3,052	2,164	2,198	0,555
TPLO -5° / TPLO 0°	-2,713	-5,103	-0,323	3,341	-2,568	0,303
TPLO -5° / TPLO +5°	-3,503	-6,903	-0,102	4,754	-2,33	0,448
TPLO 0° / TPLO +5°	-0,79	-2,033	0,453	1,738	-1,437	1

Figure 51 : Tableau des résultats d'ASTC – série B

Tiroir (mm)	LCCr intact	LCCr sectionné	APT -5°	APT 0°	APT 5°
Sp 1	0,0	7,3	5,9	5,9	6,9
Sp 2	0,0	12,0	13,6	14,5	14,4
Sp 3	0,0	10,2	-5,3	3,8	9,9
Sp 4	0,0	6,6	2,4	3,6	6,0
Sp 5	0,0	3,5	-6,0	-4,9	-3,5
Sp 6	0,0	4,3	4,8	5,0	5,8
Sp 7	0,0	6,3	4,8	5,5	5,8
Sp 8	0,0	6,1	-3,3	4,1	4,2
Sp 9	0,0	5,1	4,2	4,5	5,0
Sp 10	0,0	9,1	4,6	6,1	7,1
Moyenne	0,0	7,1	2,6	4,8	6,2
Ecart-Type	0,0	2,7	5,9	3,3	4,5

Figure 52 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ASTC - série B

Variables étudiées	Différence d'ASTC (mm)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact /rompu	-7,05	-8,969	-5,132	2,682	-8,313	0
LCCr rompu / TPLO -5°	4,48	0,611	8,35	5,409	2,619	0,278
LCCr rompu / TPLO 0°	2,224	-0,077	4,526	3,217	2,186	0,566
LCCr rompu / TPLO +5°	0,895	-0,914	2,703	2,528	1,119	1
TPLO -5° / TPLO 0°	-2,256	-4,572	0,06	3,238	-2,203	0,55
TPLO -5° / TPLO +5°	-3,586	-6,863	-0,309	4,581	-2,475	0,353
TPLO 0° / TPLO +5°	-1,33	-2,628	-0,032	1,814	-2,317	0,457

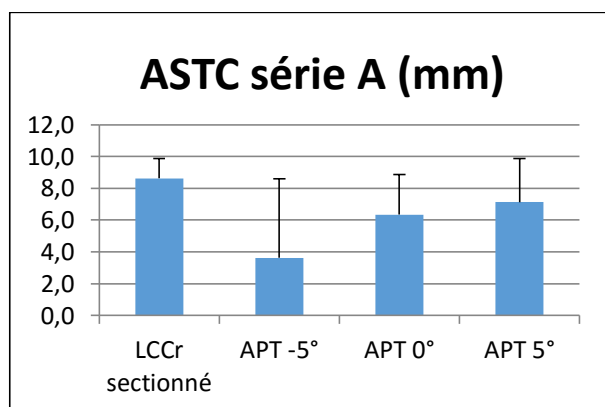


Figure 53 : Diagramme des ASTC moyennes – série A

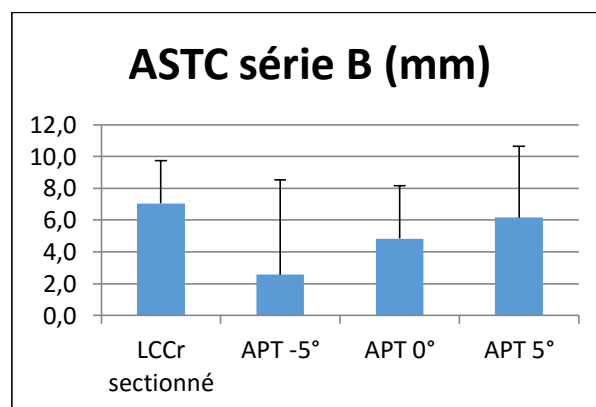


Figure 54 : Diagramme des ASTC moyennes – série B

Dans tous ces résultats, il n'y a eu aucune contradiction pour un même spécimen entre le tiroir obtenu dans les séries A et B. La section du LCCr a induit un tiroir crânial moyen de  $8,6 \pm 1,3$  mm dans la série A et de  $7,1 \pm 2,7$  mm dans la série B.

Les valeurs d'ASTC pour les TPLO à -5°, 0° et +5° ne sont pas significativement différentes de celles consécutives à la section du LCCr dans les séries A et B ( $p > 0,05$ ).

De plus, les valeurs d'ASTC entre les différentes valeurs d'APT imposées pour les TPLO à -5°, 0° et +5° ne sont pas significativement différentes entre elles.

Pour 4 spécimens (1, 6, 9 et 10) soit 40%, quel que soit l'APT imposé par la TPLO, la subluxation tibiale crâniale induite par la section du LCCr était légèrement corrigée mais de manière clairement insuffisante.

Pour 2 spécimens (2 et 6), soit 20%, la TPLO a tendance à augmenter le tiroir.

Pour 2 spécimens (2 et 7) soit 20%, le tiroir est surcorrigé en tiroir caudal pour un APT imposé de -5° et insuffisamment corrigé à 0° et +5°. Pour l'un des spécimens (4), soit 10%, le tiroir est quasiment corrigé (ramené à 3mm pour la série A et 2.4mm pour la B) à -5° d'APT puis insuffisamment pour les autres valeurs d'APT.

Pour un spécimen (5), soit 10%, le grasset s'est révélé stable dans le plan crânio-caudal pour les séries A et B. La TPLO a même eu tendance à créer un tiroir caudal sur celui-ci.

### 3. ART en fonction de l'APT imposé

Les différents ART obtenus avec leurs moyennes sont consignés dans les tableaux suivants. Les valeurs négatives correspondent à une rotation latérale et les valeurs positives à une rotation médiale :

Figure 55 : Tableau des résultats d'ART – série A

ART (°)	CrCl intact	CrCL sectionné	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°
Sp 1	0,0	-0,7	7,3	11,0	9,0
Sp 2	0,0	-9,7	8,7	7,5	9,8
Sp 3	0,0	-10,9	-3,7	12,9	-12,0
Sp 4	0,0	0,8	13,6	14,4	13,0
Sp 5	0,0	-31,5	-1,2	-7,0	-4,6
Sp 6	0,0	-18,5	-6,5	-7,2	-7,0
Sp 7	0,0	-13,6	-7,0	-11,6	-12,4
Sp 8	0,0	-15,9	-4,9	-14,3	-13,0
Sp 9	0,0	-15,0	6,3	4,4	5,1
Sp 10	0,0	-16,5	-8,2	-1,4	-10,8
Moyenne	0,0	-13,1	0,4	0,9	-2,3
Ecart-type	0,0	9,2	7,8	10,6	10,4

Figure 56 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ART - série A

Variables étudiées	Différence d'ART (°)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact /rompu	13,141	6,584	19,698	9,167	4,533	0,014
LCCr rompu / TPLO -5°	-13,584	-19,041	-8,127	7,628	-5,632	0,003
LCCr rompu / TPLO 0°	-14,017	-19,638	-8,396	7,857	-5,642	0,003
LCCr rompu / TPLO +5°	-10,851	-17,384	-4,318	9,133	-3,757	0,045
TPLO -5° / TPLO 0°	-0,433	-5,656	4,79	7,301	-0,188	1
TPLO -5° / TPLO +5°	2,733	0,191	5,275	3,554	2,432	0,379
TPLO 0° / TPLO +5°	3,166	-2,814	9,146	8,359	1,198	1

Figure 57 : Tableau des résultats d'ART – série B

ART (°)	CrCl intact	CrCL sectionné	TPA -5°	TPA 0°	TPA 5°
Sp 1	0,0	-2,1	6,9	5,0	5,2
Sp 2	0,0	-9,6	2,0	1,1	2,6
Sp 3	0,0	-20,4	-8,8	-2,8	-16,8
Sp 4	0,0	1,1	5,8	11,8	19,2
Sp 5	0,0	-38,3	-12,4	-13,5	-14,5
Sp 6	0,0	-18,0	-9,7	-8,4	-10,7
Sp 7	0,0	-16,4	-9,1	-15,5	-15,0
Sp 8	0,0	-1,8	-1,8	-6,8	-5,5
Sp 9	0,0	-15,5	0,7	1,4	-0,9
Sp 10	0,0	-17,9	-10,1	-0,7	-4,6
Moyenne	0,0	-13,9	-3,7	-2,8	-4,1
Ecart-type	0,0	11,6	7,2	8,4	11,1

Figure 58 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ART - série B

Variables étudiées	Différence d'ART (°)	Intervalle de confiance à 95%		Ecart-type de la différence	t	p-value selon ajustement de Bonferonni
		Limite basse	Limite haute			
LCCr intact /rompu	13,89	5,596	22,184	11,595	3,788	0,043
LCCr rompu / TPLO -5°	-10,235	-15,242	-5,228	7	-4,624	0,012
LCCr rompu / TPLO 0°	-11,049	-17,281	-4,817	8,712	-4,011	0,031
LCCr rompu / TPLO +5°	-9,78	-15,659	-3,901	8,218	-3,763	0,045
TPLO -5° / TPLO 0°	-0,814	-4,403	2,775	5,017	-0,513	1
TPLO -5° / TPLO +5°	0,455	-3,889	4,799	6,072	0,237	1
TPLO 0° / TPLO +5°	1,269	-2,612	5,15	5,425	0,74	1

Concernant les résultats d'ART, l'adéquation entre les valeurs d'un même membre pour les séries A et B est moins présente que pour l'ASTC. Ainsi plusieurs spécimens présentent une correction rotatoire maximale induite par la TPLO pour des APT différents entre les deux séries (1, 2, 6 et 9) soit 40%. Alors que la rotation médiale du tibia après section du LCCr ne varie généralement que de quelques degrés entre les deux séries mais une variation de plus de 9° est présente sur 2 grassets (3 et 8) soit 20%. Outre ces résultats contradictoires les écarts-types très importants rendent ces résultats difficilement interprétables.

Comme ce qui avait été démontré précédemment, ces résultats montrent que la section du LCCr induit une rotation médiale du tibia :  $13.1 \pm 9.2^\circ$  dans la série A et de  $13.9 \pm 11.6^\circ$  dans la B. Sur tous les grassets étudiés excepté un (4), soit 90%, ce phénomène a été observé. Pour ce spécimen, une rotation latérale était présente.

Les valeurs d'ART pour les TPLO à  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$  et  $+5^\circ$  sont significativement différentes de celles consécutives à la section du LCCr dans les séries A et B ( $p < 0.05$ ).

De plus, les valeurs d'ART entre les différentes valeurs d'APT imposées pour les TPLO à  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$  et  $+5^\circ$  ne sont pas significativement différentes entre elles.

Pour 4 spécimens (1, 2, 4 et 9) soit 40%, la TPLO a entraîné une rotation tibiale externe.

Pour les autres, l'interprétation des résultats est quasi-impossible car trop variables sur un même membre selon l'APT imposé. Cela est confirmé par des écarts-types très importants. Sans compter les surcorrections, une correction de la rotation externe de plus de 75% est présente dans 1 cas pour un APT de  $-5^\circ$  soit 3.3%, 2 cas pour un APT de  $0^\circ$  soit 6.6% et 1 cas pour un APT de  $+5^\circ$  soit 3.3%.

Pour le spécimen 8, la rotation a été aggravée pour toutes les valeurs de la série B.



# CHAPITRE II : DISCUSSION

## **I. L'ECHANTILLON**

Tous les membres étudiés étaient sains après vérification de visu et par radiographie.

La quasi-totalité des membres prélevés étaient des pattes droites. Ce choix pourrait paraître être un biais expérimental mais de manière intuitive, on peut supposer que la morphologie entre les membres droit et gauche est identique sur un même animal et donc que la biomécanique qui les anime est la même. L'APT intervenant de manière importante dans le bilan des forces appliquées au grasset, cette hypothèse est étayée par le fait que cet angle soit identique à droite et à gauche chez le chat <sup>56</sup>. Cette décision nous permet une plus grande répétabilité. Le positionnement des membres se faisant toujours de la même manière, leur mise en place a été facilitée et l'évaluation des angles standardisée.

L'APT initial des animaux prélevés dans notre étude était de  $28.4^\circ \pm 3.6^\circ$ . Cette valeur est plus élevée que celle obtenue dans l'étude de Schnabl et al. <sup>56</sup> où un APT moyen de  $21.6^\circ \pm 3.7^\circ$  a été obtenu sur 34 chats sains et de  $24.7^\circ \pm 4.5^\circ$  sur 21 chats atteints de RLCCr. Cette différence peut être attribuée à deux éléments distincts. La première hypothèse est la sélection involontaire d'individus ayant une pente du plateau tibial plus importante. La deuxième fait référence à la difficulté de visualisation chez le chat de l'axe du plateau tibial. Cette variation entre les 2 études peut être au moins en partie liée à un choix de repères radiographiques différent entre les lecteurs.

Les chats prélevés étaient de gabarit moyen à grand (poids moyen de  $4.29 \pm 1.1$  kg). Ce choix a été fait pour faciliter certaines étapes délicates comme les forages de la patelle ou du condyle fémoral et améliorer leur précision. En outre, la lecture des différents angles est d'autant plus aisée que le membre est plus grand. Les animaux sélectionnés étaient d'âge variable allant du jeune adulte à l'animal âgé (4,5 à 15 ans pour une moyenne de 8,1 ans). Les mâles ont été légèrement surreprésentés (6 contre 4 femelles).

## **II. LE PROCESSUS EXPERIMENTAL**

### **1. Le Modèle biomécanique**

#### **a. Le principe général**

Le modèle biomécanique utilisé dans notre étude est basé sur les travaux de Warzee et al. <sup>70</sup> qui ont permis d'évaluer les effets de la TPLO sur les poussées tibiales caudale et crâniale chez les chiens atteints de

RLCCr. Notre adaptation nous a permis de réaliser une étude similaire avec quelques modifications pour l'appliquer à l'espèce féline et au matériel dont nous disposions. La presse utilisée a permis de reproduire le poids appliqué sur le membre. Ce modèle permet d'évaluer facilement et de manière répétable la subluxation tibiale crâniale qui est l'élément principal que vise à corriger la TPLO mais aussi la rotation tibiale induite par la section du LCCr.

Les tests ont été réalisés en statique, différant bien sûr de ce qui peut advenir *in vivo*. Lors du cycle de marche, les forces appliquées évoluent en fonction de la position du membre. En outre, les tests ont été réalisés en limitant au maximum les varus, valgus ou rotations induits par le positionnement du membre dans la presse. La reproduction des mouvements naturels aurait été un véritable défi technique nécessitant un appareillage très complexe.

Le décharnement du membre éloigne aussi quelque peu le modèle de ce qui peut se dérouler *in vivo* car les tissus environnant les articulations et surtout les muscles jouent un rôle dans leur maintien.

Ainsi notre modèle présente des insuffisances dont nous avons eu conscience mais que nous avons dû accepter par souci de faisabilité technique. Malgré cela, ce modèle qui a déjà été accepté par la communauté scientifique (travaux publiés de Warzee et al. notamment) nous a semblé adéquat. Les tests mécaniques ayant été effectués avec 2 angulations du grasset (100° et 120°), ils simulent les appuis au cours de 2 moments différents de la phase d'appui. Les résultats étant identiques, il est probable que la réalisation de tests pour une gamme plus large de mouvements aurait été inutile.

#### b. Choix des angles des articulations et du poids appliqué

Les angles des articulations du membre pelvien lors de la marche chez le chat sont variables d'une étude à l'autre. L'étude retenue dans notre choix pour l'ouverture du grasset et du tarse fut celle de Carlson-Kuhta<sup>10</sup> (Figure 59).

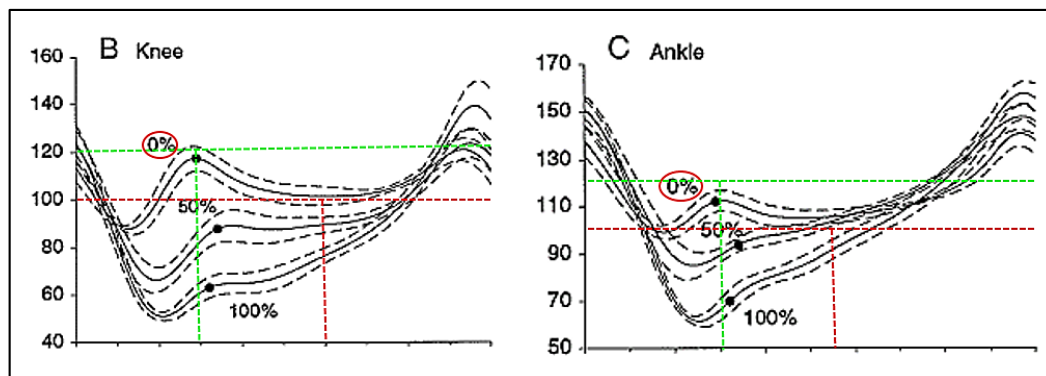


Figure 59 : Angles d'ouverture du grasset (B) et du tarse (C) sur un cycle de mouvement lors de la marche chez le chat pour une pente de 0,50 et 100%<sup>10</sup>

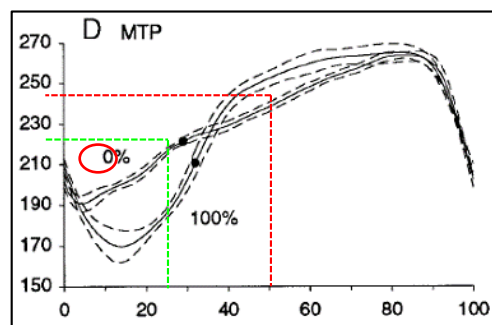
*Nous ne nous intéressons ici qu'à la courbe des angles présents sur une pente de 0%. La première partie de la courbe correspond à la phase de soutien du membre. La phase d'appui commence au sommet de la courbe et se termine au sommet de la deuxième partie de la courbe.*

*Les angles choisis dans notre étude (traits en pointillés) correspondent approximativement aux valeurs extrêmes de la phase d'appui.*

La phase d'appui a été étudiée pour choisir les angles du grasset et du tarse imposés au membre en charge. En effet, c'est durant cette phase que le poids de l'animal et les forces de traction exercées par les extenseurs du membre sur le grasset sont les plus importants. Ceux-ci étant agonistes de la poussée tibiale crâniale, c'est dans ces conditions que le grasset a le plus de chances d'être instable en cas de RLCCr.

Il a été démontré chez le chien que la PTC est plus importante avec l'extension du grasset <sup>16</sup>. L'angle maximal du grasset lors de l'appui a été choisi (120°) associé à un angle du tarse de 120°. Le membre a été testé dans les conditions où la subluxation crâniale du tibia est la plus probable pour rendre les tests plus sensibles. Afin d'appliquer au mieux notre modèle biomécanique aux mouvements réalisés physiologiquement par l'animal, les tests ont également été réalisés avec l'angle minimal en phase d'appui, soit environ 100°.

L'angle du fémur par rapport au plan horizontal a été calculé grâce à celui de l'articulation métatarso-phalangienne au moment du cycle de marche où les angles maximaux du grasset et du tarse sont atteints. Pour cela nous avons considéré que les phalanges sont parfaitement parallèles au sol. En effet, la littérature donne uniquement les angles d'ouverture de la hanche à partir desquels il est impossible de déduire l'angle nous intéressant. Nous avons choisi sur le graphe de l'angle de l'articulation métatarso-phalangienne de Carlson-Kuhta <sup>10</sup> l'angle correspondant à 30% du mouvement soit le moment où grasset et tarse atteignent tous deux 120° approximativement et nous avons obtenu une valeur de 225° environ (cf Figure 59 et Figure 60). De même pour 55% correspondant approximativement à 100° pour le grasset et le tarse, nous avons obtenu 245° environ.



*Figure 60 : Angles d'ouverture de l'articulation métatarso-phalangienne lors du cycle de mouvement <sup>10</sup>*

L'angle du fémur par rapport au plan horizontal découle directement de l'angle métatarso-phalangien (cf Figure 61).

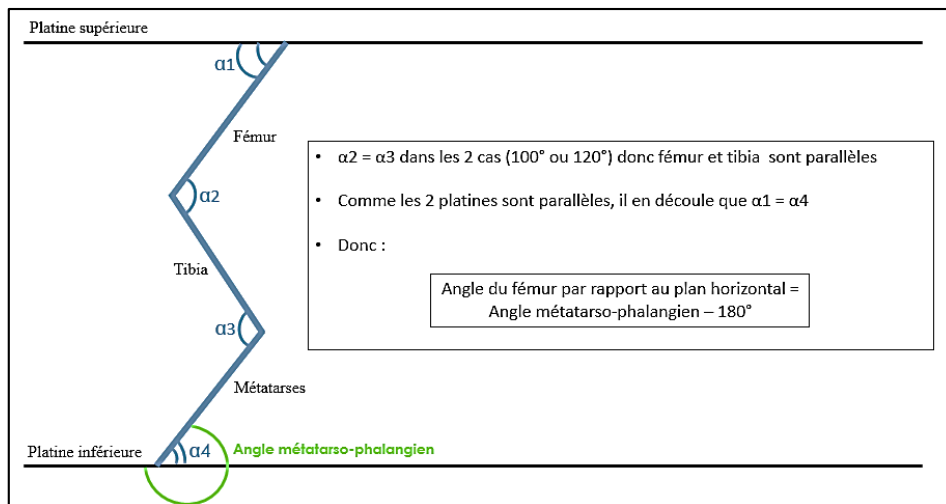


Figure 61 : Schéma démontrant l'obtention de l'angle du fémur par rapport au plan horizontale

Au final on obtient pour 120° d'ouverture du tarse et du grasset un angle du fémur par rapport à l'horizontale de 45° environ et pour 100°, de 65° environ. Le fémur était le seul élément du membre restant solidaire du montage tout au long de l'expérience. En modifiant son site de fixation pour obtenir un angle fémoral entre 45 et 65°, une étude préliminaire a montré qu'il y avait un risque important de rotation du fixateur dans le plan transverse ou de repositionnement différent du membre. Pour éviter de modifier l'orientation du fémur ou de mal repositionner le membre entre deux clichés un angle de 65° a été fixé arbitrairement pour le déroulement entier de l'expérience.

Le choix des angles d'ouverture des différentes articulations a donc été fait pour correspondre approximativement aux 2 phases comportant les angles extrêmes du grasset et du tarse lors de la phase d'appui. L'angle du fémur par rapport au plan horizontal a été fixé avec une valeur compatible avec les valeurs présentes *in vivo* (à environ 20° près). Les angles imposés présentent ainsi un certain degré d'imprécision par rapport à ceux réellement présents lors du cycle du mouvement. Là encore, il nous a paru difficilement envisageable d'atteindre un degré de précision plus important en restant dans un niveau de technicité raisonnable. Cependant la variation d'angles imposés entre 120 et 100° nous permet de couvrir une partie importante du mouvement du chat lors de la phase d'appui où la poussée tibiale crâniale est la plus importante. Dans la mesure où la TPLO se montre insuffisante dans ces conditions, il semble peu probable qu'une modification des angles articulaires choisis permette de mettre en évidence son efficacité car la chirurgie doit s'opposer à l'ASTC pour l'intégralité des mouvements réalisés.

La charge appliquée au moyen de la presse sur le membre était de 30 % du poids de l'animal. Les travaux de Lascelles et al. <sup>37</sup> ont montré que lors de la marche, 38,3% du poids du chat est appliqué en moyenne sur les membres pelviens. Pour des raisons techniques, la charge appliquée sur la presse a été minorée à 30 % du poids vif. La pression exacte appliquée n'a pas été objectivée au moyen de capteurs. Le poids prenant une part importante dans la genèse de la PTC, si la TPLO ne s'y oppose pas avec une charge de 30% du

poids, elle ne s'y opposera forcément pas pour des valeurs de charges supérieures où la PTC est plus importante.

#### c. Reproduction des forces appliquées in vivo

La tension exercée par les muscles quadriceps et gastrocnémien était mimée par les fils avec leurs ressorts et ridoirs. Les sites d'ancrage choisis étaient les mêmes que ceux des muscles qu'ils mimaient. Nous pouvons donc supposer que les forces exercées par les fils reproduisaient assez fidèlement le vivant. Cependant, la tension était fixée au moyen des ridoirs et non monitorée. Elle a donc pu varier de manière involontaire d'un test à un autre. Le problème de cette variation réside dans le fait qu'elle puisse influencer dans la subluxation du tibia car ces muscles jouent un rôle important dans la PTC.

Le modèle utilisé ne réplique pas pleinement les tensions musculaires appliquées au grasset. En effet, en supposant que les muscles fléchisseurs ne se contractent pas durant la phase d'appui, seuls les muscles extenseurs ont été modélisés. L'incidence sur les résultats de cette étude paraît négligeable car quasiment seuls ces muscles sont agonistes de la PTC. Les muscles fléchisseurs étant antagonistes, leur absence de fonction rend les tests plus sensibles car la PTC est alors moins diminuée. De même si l'on suppose que les tissus périphériques qui ont été retirés peuvent participer à la contention de l'articulation. Un autre élément que nous n'avons pu modéliser est la présence d'arcs réflexes répondant aux stimuli s'appliquant aux mécanorécepteurs et récepteurs proprioceptifs des ligaments croisés permettant la stabilisation du grasset. Au final la modélisation a reproduit la quasi-totalité des forces agonistes de la PTC mais non les forces antagonistes. Les tests paraissent donc plus prompts à produire une subluxation tibiale crâniale par rapport au vivant. L'importance de ces forces antagonistes dans l'opposition à la subluxation est toutefois non déterminée précisément chez le chat.

#### d. Répétabilité des mesures et biais possible

Les expériences ont été réalisées avec le souci omniprésent que chaque étape ait été faite dans des conditions similaires. La difficulté principale a été les déplacements du membre et ses repositionnements entre chaque étape. Les étapes les plus risquées étaient celles où la section du LCCr et la TPLO ont été effectuées. Plusieurs clichés radiographiques ont été réalisés avant ces étapes au cours desquelles la platine supérieure de la presse a été soulevée, le membre retiré puis remis en place de la manière la plus similaire à ce qu'il était avant le déplacement. Si le remplacement du membre n'avait pas été optimal, les clichés suivants auraient été biaisés.

L'angulation des articulations était adapté en modifiant la position du pied dans le plan médian du membre évitant ainsi des rotations, varus ou valgus induits par le positionnement seul et qui serait donc un biais méthodologique.

Lorsque l'APT a été ajustée au moyen de la plaque de TPLO modifiée le membre a été laissé en place dans la presse pour limiter le risque de mauvais repositionnement.

Entre chaque étape un contrôle fluoroscopique était réalisé pour vérifier que le fémur n'avait pas été déplacé et restait parfaitement de profil (superposition des condyles), le bâtonnet fixé au FESSA permettait aussi cette vérification en contrôlant que l'alignement avec le trait réalisé au départ sur la platine (cf Figure 35) était maintenu. L'angulation des articulations était aussi contrôlée à chaque radiographie grâce aux marqueurs mis en place à cet effet pour ne pas être soumis à de fausses variations liées à un mouvement de position entre deux clichés.

La précision pour le repositionnement du fémur était donc très importante mais le positionnement du pied était plus subjectif malgré tous les soins qui y ont été apportés. Cela peut constituer un biais méthodologique modéré qui n'a pas pu être totalement évité. Les répercussions sur les mesures d'ASTC semblent très minimes mais plus importantes sur l'évaluation de la rotation. Le but principal de la TPLO étant de lutter contre le tiroir antérieur, il s'agit du critère qui doit être évalué le plus précisément. Malgré les légères imprécisions évoquées, notre modèle reste valable pour évaluer les effets de la TPLO.

Finalement, le modèle de cette étude *in vitro* est une approximation de la réalité avec une tendance à induire un mouvement de tiroir crânial plus important qu'il ne serait *in vivo*. Mais, en contrepartie, la charge appliquée ayant été moins élevée que celle induite chez l'animal vivant, le mouvement de tiroir a été minoré. Malgré les imperfections de modélisation, le modèle est tout de même assez proche de la réalité et le membre pelvien du chat est soumis à des forces parfois plus importantes que celles que nous avons reproduites en statique lorsque l'on considère la course, les accélérations brutales ou la tendance de l'animal à sauter. Notre modèle biomécanique semble donc avoir certaines limites mais il semble suffisant pour rejeter l'efficacité de la TPLO dans le traitement de la rupture du ligament croisé crânial chez le chat.

## **2. L'interprétation radiographique**

### **a. Adéquation entre les angles des articulations et les valeurs vérifiées radiographiquement**

Concernant l'angle du fémur par rapport à la verticale, l'angle obtenu était proche de l'angle recherché ( $64,5^\circ \pm 1,6^\circ$  pour la série A et  $64,3^\circ \pm 1,7^\circ$  pour la série B). Le fémur étant fixé, la faible variation est soit artéfactuelle et lié à des imprécisions de mesures soit liée à des rotations du FESSA liées à la manipulation.

De même pour l'angle du grasset, l'angle mesuré était similaire ( $121,2^\circ \pm 2,7^\circ$  pour la série A et  $102,1^\circ \pm 2,3^\circ$  pour la série B), les écarts-types montrent cependant une plus grande variabilité. L'angle du tarse a connu la plus grande variabilité avec notamment  $6,1^\circ$  de variation entre la valeur moyenne de la série A et l'angle recherché ( $113,9^\circ \pm 4,4$  pour la série A et  $99,3^\circ \pm 5,7$  pour la série B).

La mise en place de ces angles a été réalisée de manière tout à fait répétable car il n'existe aucune différence significative d'angles entre les différentes étapes expérimentales d'une même série.

#### b. Mesure de l'APT

L'interprétation des clichés a révélé une réelle difficulté dans la mesure radiographique de l'APT. Comme Schnable et al. l'avaient évoqué, les repères osseux nécessaires au tracé de la pente du plateau tibial ne sont pas aussi bien individualisés chez le chat que chez le chien<sup>56</sup>. Les condyles tibiaux sont plus ronds et les limites crâniale et caudale ne forment pas de marche nettement visible. Une certaine part de subjectivité est donc inévitable dans la mesure de cet angle. Il est ainsi possible que la différence entre l'angle moyen obtenu et ceux de l'étude sus-citée soit seulement due à la variabilité inter-individuelle. Afin de limiter cette variabilité, toutes les mesures d'APT ont été réalisées par la même personne expérimentée. Cependant, la technique de mesure a pu entraîner une surestimation de l'APT si on se réfère à l'étude de Schnabl et al.<sup>56</sup>. La TPLO aurait donc pu surcorriger l'APT réelle et, de ce fait, limiter fortement la subluxation crâniale. Dans ces conditions, l'échec de la TPLO en est renforcé.

#### c. Mesure d'ASTC

L'ASTC est la mesure la plus importante car le but principal de la TPLO est de supprimer le mouvement de tiroir crânial à l'appui.

Comme cela a été détaillé précédemment, toutes les étapes ont été réalisées dans un souci de répétabilité afin que cette mesure soit la moins possible biaisée par des imprécisions de positionnement du membre. L'utilisation d'un logiciel d'interprétation radiographique permettant de zoomer l'image et offrant des outils de mesure a permis l'obtention de valeurs précises.

#### d. Mesure d'ART

La méthode de quantification de l'ART par photographie est relativement simple et permet une mesure précise et répétable. Lors d'une étude préliminaire nous avons réalisé des clichés dans des conditions similaires avec des bâtonnets dont l'angle d'écartement était connu. En mesurant l'angle sur plusieurs photographies, prises selon des incidences différentes dont la variation induite par le mouvement de

l'appareil photo était compatible avec celui pouvant être présent lors de nos expériences entre deux prises de vue, la variation d'angle était négligeable. Cette méthode nous a donc paru fiable. Cette fiabilité a été renforcée par les mesures mises en places afin d'éviter tout biais de mesure (marque sur la platine pour vérifier l'alignement et le positionnement identique de l'appareil, focale fixe favorisant une distance toujours similaire du capteur de l'appareil photo à la platine, quadrillage sur l'écran d'appareil photo favorisant des repères fixes, faible ouverture de diaphragme assurant une image nette au niveau des deux bâtonnets). Pour plus de répétabilité, les clichés ont été réalisés par la même personne familière à l'utilisation de l'appareil.

Comme il l'a été évoqué précédemment, l'imprécision a pu résider dans le positionnement du membre plus que dans la mesure elle-même. Bien que le pied ait été replacé dans l'alignement du membre entre chaque manipulation, une certaine imperfection dans ce placement a pu entraîner une rotation artificielle. L'effet de la section du LCCr et de la TPLO sur l'ART a donc pu être biaisé malgré les efforts de standardisation.

### **III. LES RESULTATS**

#### **1. Effet de la TPLO sur la subluxation tibiale crâniale**

L'ASTC présent pour un APT de  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$  et  $+5^\circ$  ne s'est pas montrée significativement différente des valeurs obtenues suite à la section du LCCr.

Ainsi cette étude a montré une insuffisance de la TPLO à corriger la subluxation tibiale crâniale suite à la section du LCCr et par extension, suite à sa rupture chez le chat.

De manière inattendue par rapport aux bons résultats obtenus chez le chien et par rapport au cas clinique de Hoots et al. <sup>29</sup>, l'ASTC n'était pas réduite de manière suffisante pour la grande majorité des membres étudiés malgré la réalisation de TPLO avec des angles extrêmes ( $-5^\circ$ ).

Malgré certains spécimens pour lesquels la subluxation tibiale crâniale était totalement ou partiellement corrigée pour un APT imposé de  $-5^\circ$  uniquement (angle par ailleurs trop important sur un animal vivant), la TPLO s'est montrée insuffisante dans 90% des cas.

A l'inverse, l'intervention a eu tendance à surcorriger le tiroir crânial en tiroir caudal pour les 10% restants. Il semblerait donc que dans la majorité des cas, la TPLO ne corrige pas la subluxation tibiale crâniale de manière adéquate.

L'origine de cette contradiction par rapport à l'action de la TPLO chez le chien reste inexplicée. Néanmoins, il semble indubitable que les résultats de la TPLO chez le chien ne soient pas transposables chez le chat.



## **2. Effet de la TPLO sur la rotation tibiale**

De manière similaire à ce qui avait été décrit chez le chien, la section du LCCr et par extension sa rupture induisent une rotation médiale du tibia.

L'ART présent pour un APT de  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$  et  $+5^\circ$  s'est montré significativement différent des valeurs obtenues suite à la RLCCr mais pas significativement différente entre les différents APT. Cependant, cette différence significative ne peut être interprétée comme un critère favorable de la TPLO sur la rotation tibiale.

En effet, l'ART obtenu avec la méthode photographique semble difficilement interprétable en raison de la trop forte variabilité des résultats. Il semblerait que globalement, la TPLO entraîne soit une surcorrection de la rotation médiale en la convertissant en rotation latérale soit une correction insuffisante. La différence rotatoire présente d'un membre à l'autre est peut-être liée à une variation morphologique inter-individuelle. Ainsi on peut supposer que le nouvel affrontement osseux engendré par la rotation du plateau tibial participe à la rotation par effet came. Si la came (condyles) voit sa forme changée, le mouvement qui s'ensuit est modifié.

Ces résultats très variables et imprévisibles sont en défaveur d'une stabilisation rotatoire satisfaisante induite par la TPLO.

## **IV. BILAN DE L'ETUDE**

L'anatomie du grasset du chien et du chat étant relativement similaires, il était probable que les effets positifs de la TPLO relatés chez le chien soient similaires chez le chat. De plus, le modèle biomécanique visant à expliquer les forces appliquées sur le grasset générant la PTC et ainsi la subluxation induite par une rupture du LCCr semble entièrement transposable d'une espèce à l'autre à cause de la proximité anatomique.

Cette étude ayant montré une divergence notable entre les résultats de la TPLO chez le chien et chez le chat, elle soulève plusieurs interrogations.

La première d'entre elle serait sur la validité de notre modèle expérimental. Ce modèle est directement issu de travaux qui ont permis de valider cette intervention chez le chien et qui ont été jugés valables par la communauté scientifique. Il paraît donc peu probable que la divergence de résultats provienne d'une erreur méthodologique majeure malgré quelques petites imprécisions.

Il est aussi possible de se demander si les faibles variantes anatomiques entre les deux espèces ne suffisent pas à induire cette divergence. Cela peut provenir de la forme arrondie et plus large des condyles tibiaux et/ou de la forme différente des condyles fémoraux assurant une variation dans l'affrontement entre les deux os.

La forme plus arrondie des plateaux tibiaux chez le chat pourrait ainsi laisser supposer que la force de poussée tibiale crâniale ne soit pas éliminée malgré leur rotation. Le schéma proposé chez le chien

s'applique à une surface articulaire supposée plane dont on change l'orientation et non à une surface articulaire convexe. Cette hypothèse est exposée sur le schéma suivant (Figure 62).

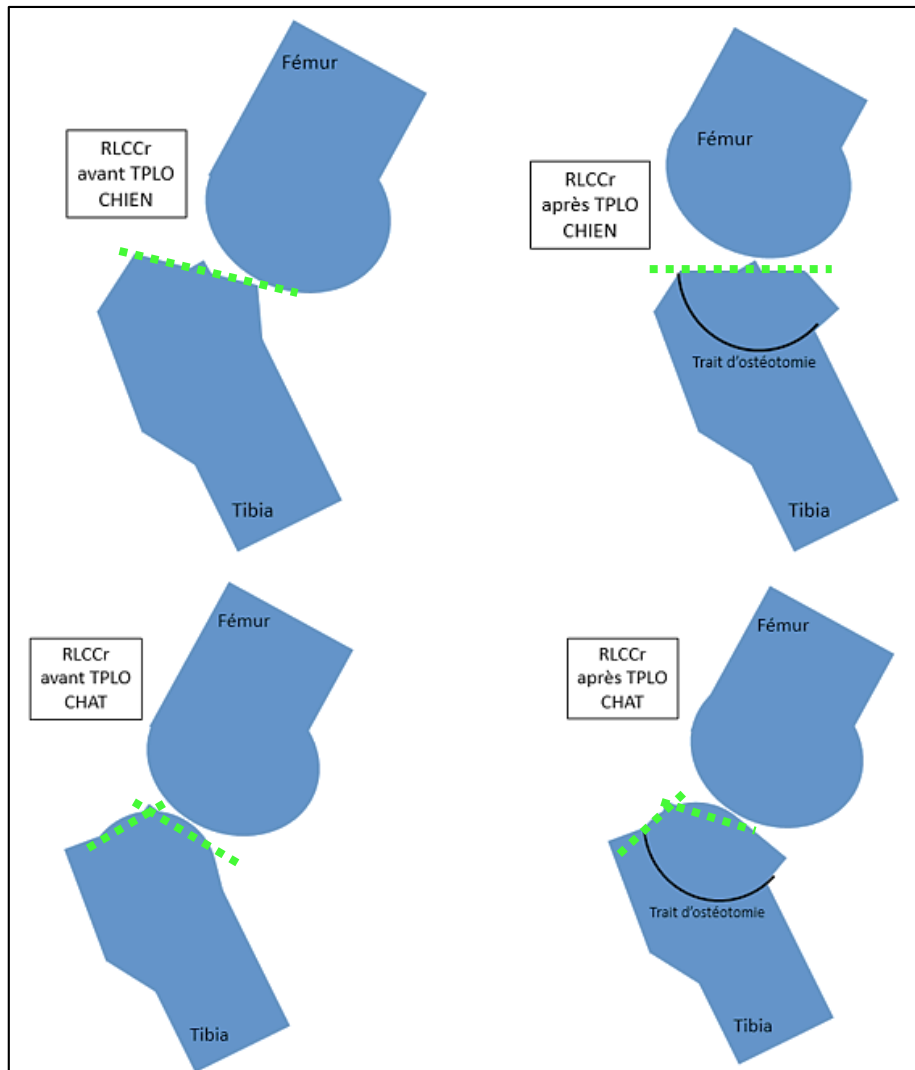


Figure 62 : Hypothèse expliquant un lien entre l'échec de la TPLO chez le chat et la forme arrondie de ses condyles tibiaux. La pente du plateau tibial chez le chien peut être assimilée à une droite. Celle du chat peut être décomposée en 2 droites. La rotation induite par la TPLO pourrait être insuffisante pour annuler la force de poussée tibiale crâniale.

Les variations de résultats d'un individu à l'autre pourraient selon cette hypothèse être liées à la conformation des condyles tibiaux et fémoraux. Dans certains cas, l'affrontement est tel qu'après une réduction de l'APT un tiroir caudal ait lieu. Un examen empirique de l'apparence des condyles n'a pas montré chez ses individus de plateau plus ou moins rond ni de variation morphologique apparente.

En considérant le modèle biomécanique actif du grasset, une autre hypothèse peut être que les insertions musculaires se font différemment entre chien et chat, modifiant alors la résultante des forces. Cette dernière semble moins probable que la précédente car l'anatomie musculaire de la région entre le chien et le chat est quasi identique.

Enfin, il est possible d'imaginer que le modèle biomécanique actuel soit incomplet et qu'une part d'incompréhension fasse que l'on ne puisse expliquer la différence d'efficacité de la réduction de l'APT contre la PTC entre deux espèces au grasset morphologiquement très proche.

Si l'on ne peut indiquer la TPLO comme traitement de la RLCCr chez le chat, d'autres études seraient intéressantes afin de démontrer l'intérêt d'autres méthodes chirurgicales. Cependant, selon les résultats de nos travaux et ceux d'une étude très proche étudiant l'avancement de la tubérosité tibiale (données non publiées), les méthodes de stabilisation dynamique ne semblent pas être une voie à envisager. D'autres travaux seraient intéressants dans le but de confirmer ces conclusions.

En revanche, les méthodes de stabilisation passive qui semblent présenter empiriquement de bons résultats paraissent plus « universelles » et moins dépendantes de la morphologie de l'animal car elles reproduisent directement l'action du LCCr. Une étude dans la lignée de celle-ci mais testant par exemple la méthode de ligamentoplastie extra-capsulaire qui semble être la méthode actuellement la plus réalisée chez le chat ayant subi une RLCCr serait intéressante. Une solution chirurgicale démontrée scientifiquement pourrait être proposée alternativement au traitement médical préconisé par certains. Il serait alors d'autant plus judicieux de comparer ces deux options thérapeutiques pour combler le manque d'informations objectives dont est pourvue la littérature sur le traitement de cette affection peu fréquente.

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

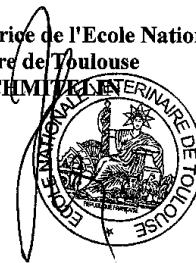
**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussigné, André AUTEFAGE, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **MALECA David** intitulée « **Etude expérimentale de l'ostéotomie de nivellement du plateau tibial chez le chat.** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

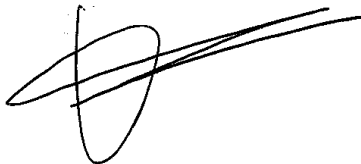
Fait à Toulouse, le 25 juin 2015  
Professeur André AUTEFAGE  
Enseignant chercheur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



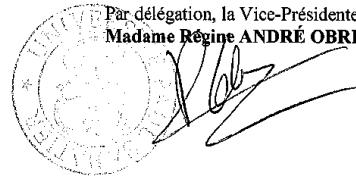
Vu :  
La Directrice de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Isabelle CHMITZ



Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur Paul BONNEVIALLE



Vu et autorisation de l'impression :  
Le Président de l'Université  
Paul Sabatier  
Professeur Bertrand MONTHUBERT  
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU  
Madame Régine ANDRÉ OBRECHT



Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

APT : Angle du plateau tibial  
ART : Angle de rotation tibiale  
ASTC : Amplitude de subluxation crâniale tibiale  
CTWO : Cranial tibial closing wedge osteotomy  
DCP : Dynamic compression plate  
ECG : Electrocardiogramme  
ENVT : Ecole nationale vétérinaire de Toulouse  
IRM : Imagerie par résonance magnétique  
LCCa : Ligament croisé caudal  
LCCr : Ligament croisé crânial  
ML : Ménisque latéral  
MM : Ménisque médial  
N : Newton  
PTC : Poussée tibiale crâniale  
RLCCr : Rupture du ligament croisé crânial  
TPLO : Tibial plateau levelling osteotomy  
TTA : Tibial tuberosity advancement

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de grassetts en vue médiale montrant une articulation normale à gauche et une translation crâniale du tibia suite à une RLCCR <sup>35</sup> .....	21
Figure 2 : Classification des lésions méniscales observables lors de RLCCR et de ses complications <sup>35</sup> ...	22
Figure 3 : Modélisation passive du grasset : Barres de liaison contrôlant les mouvements du grasset <sup>59</sup> ...	28
Figure 4 : Rupture du LCCR et mouvement de tiroir antérieur <sup>59</sup> .....	28
Figure 5 : Flexion du grasset et modélisation passive <sup>59</sup> .....	29
Figure 6 : Extension du grasset <sup>59</sup> .....	29
Figure 7 : Traction crânio-proximale exercée par le quadriceps fémoral sur le tibia <sup>26</sup> .....	30
Figure 8 : Traction postérieure exercée par les muscles de l'arrière de la cuisse sur le tibia <sup>26</sup> .....	31
Figure 9 : Traction postérieure exercée par le muscle gastrocnémien (G) sur le fémur lors de l'appui <sup>26</sup> .....	31
Figure 10 : Bilan des forces agonistes et antagonistes à la poussée tibiale crâniale et composante compressive issue du poids appliquées sur le plateau tibial lors de l'appui .....	32
Figure 11 : Angle du plateau tibial .....	34
Figure 12 : Une méthode de suture fabello-tibiale <sup>35</sup> .....	38
Figure 13 : Image 3D d'une TTA en vue cranio-médiale <sup>35</sup> .....	39
Figure 14 : Principe de la CTWO <sup>35</sup> .....	41
Figure 15 : Méthode de mesure de l'APT conventionnelle sur un tibia de chat <sup>56</sup> .....	46
Figure 16 : Méthode de mesure de l'APT alternative <sup>6</sup> .....	46
Figure 17: Points de repère des lignes articulaires du tibia <sup>17</sup> .....	47
Figure 18 : Angles mécaniques médial proximal (A) et distal (B) du tibia <sup>17</sup> .....	47
Figure 19 : Planification préopératoire d'une TPLO sur un chien utilisant le logiciel Elkin© <sup>35</sup> .....	49
Figure 20 : Différentes formes de méniscectomie <sup>35</sup> .....	52
Figure 21 : Relâchements méniscaux <sup>35</sup> .....	53
Figure 22 : Mise en place de la lame de scie de TPLO sur un grasset de chien <sup>35</sup> .....	55
Figure 23 : Options d'ostéotomies cunéiformes associées à la TPLO <sup>35</sup> .....	57
Figure 24 : Radiographies de grasset de chien ayant subi une TPLO avec un bon résultat <sup>35</sup> .....	59
Figure 25: Positionnement du membre et radiographie de détermination de l'APT .....	63
Figure 26 : FESSA en place sur le fémur .....	64
Figure 27 : Localisation des marqueurs plombés.....	65
Figure 28 : Positionnement du tube correspondant au centre de rotation de TPLO .....	65
Figure 29 : Radiographie de contrôle du trou permettant le placement du tube .....	66
Figure 30 : Système reproduisant le quadriceps fémoral .....	66
Figure 31 : Passage du fil dans les ancrs .....	67
Figure 32 : Passage du fil dans le ridoir.....	67
Figure 33 : Système reproduisant le muscle gastrocnémien .....	68
Figure 34 : Positionnement du membre dans la presse à la mise en charge .....	70
Figure 35 : Cliché permettant de déterminer l'ART .....	70
Figure 36 : Cavité articulaire du grasset après transsection du LCCR .....	71
Figure 37 : Fermeture de l'arthrotomie.....	72
Figure 38 : Radiographies de membres mis en charge à 30% du poids. Avant section, LCCR intact (A) et après section du LCCR (B).....	72
Figure 39 : Guide de coupe et de perçage.....	73
Figure 40 : Plaque de TPLO modifiée.....	74
Figure 41 : Radiographie prise avec un APT imposé de +5° - série A.....	75
Figure 42 : Mesure radiographique de l'APT .....	76
Figure 43 : Mesure radiographique de l'ASTC sur une radiographie réalisée avant section du LCCR (A) et suite à la section (B) .....	77
Figure 44 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des différents animaux prélevés .....	80
Figure 45 : Tableau des angles formés par les os mesurés radiographiquement – série A.....	81
Figure 46 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'angles d'ouverture des articulations - série A .....	81

Figure 47 : Tableau des angles formés par les os mesurés radiographiquement – série B .....	82
Figure 48 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d’angles d’ouverture des articulations - série B.....	82
Figure 49: Tableau des résultats d'ASTC – série A .....	83
Figure 50 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d’ASTC - série A.....	83
Figure 51 : Tableau des résultats d'ASTC – série B.....	84
Figure 52 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d’ASTC - série B .....	84
Figure 53 : Diagramme des ASTC moyennes – série A.....	71
Figure 54 : Diagramme des ASTC moyennes – série B .....	84
Figure 55 : Tableau des résultats d’ART – série A.....	85
Figure 56 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ART - série A.....	86
Figure 57 : Tableau des résultats d’ART – série B .....	86
Figure 58 : Tableau récapitulatif des données statistiques pour les mesures d'ART - série B.....	86
Figure 59 : Angles d’ouverture du grasset (B) et du tarse (C) sur un cycle de mouvement lors de la marche chez le chat pour une pente de 0,50 et 100% <sup>10</sup> .....	89
Figure 60 : Angles d’ouverture de l’articulation métatarso-phalangienne lors du cycle de mouvement <sup>10</sup> .....	90
Figure 61 : Schéma démontrant l’obtention de l’angle du fémur par rapport au plan horizontale .....	91
Figure 63 : Hypothèse expliquant un lien entre l’échec de la TPLO chez le chat et la forme arrondie de ses condyles tibiaux. ....	97

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Alexander JW SJ, Lau RE et al. (1977). Anterior cruciate ligament rupture. *Feline Pract* 7, 38-39
2. Allan RM (2014). A modified Maquet technique for management of cranial cruciate avulsion in a cat. *J Small Anim Pract*, 55, 52-6
3. Arnoczky SP (1993). Pathomechanics of cruciate ligament and meniscal injuries. In Disease mechanisms in small animal surgery. L. Febiger. 764
4. Baird AE, Carter SD, Innes JF, Ollier WE, and Short AD (2014). Genetic basis of cranial cruciate ligament rupture (CCLR) in dogs. *Connect Tissue Res*, 55, 275-81
5. Baird AE, Carter SD, Innes JF, Ollier W, and Short A (2014). Genome-wide association study identifies genomic regions of association for cruciate ligament rupture in Newfoundland dogs. *Anim Genet*, 45, 542-9
6. Baroni E, Matthias RR, Marcellin-Little DJ, Vezzoni A, and Stebbins ME (2003). Comparison of radiographic assessments of the tibial plateau slope in dogs. *Am J Vet Res*, 64, 586-9
7. Bergh MS, Rajala-Schultz P, and Johnson KA (2008). Risk factors for tibial tuberosity fracture after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. *Vet Surg*, 37, 374-82
8. Bergh MS, Sullivan C, Ferrell CL, Troy J, and Budsberg SC (2014). Systematic Review of Surgical Treatments for Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*,
9. Boudrieau RJ (2009). Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement? *Vet Surg*, 38, 1-22
10. Carlson-Kuhta P, Trank TV, and Smith JL (1998). Forms of forward quadrupedal locomotion. II. A comparison of posture, hindlimb kinematics, and motor patterns for upslope and level walking. *J Neurophysiol*, 79, 1687-701
11. Casale SA and McCarthy RJ (2009). Complications associated with lateral fabellotibial suture surgery for cranial cruciate ligament injury in dogs: 363 cases (1997-2005). *J Am Vet Med Assoc*, 234, 229-35
12. Coletti TJ, Anderson M, Gorse MJ, and Madsen R (2014). Complications associated with tibial plateau leveling osteotomy: a retrospective of 1519 procedures. *Can Vet J*, 55, 249-54
13. Cucuel JP and Frye FL (1970). Anterior cruciate ligament repair in a cat (a case report). *Vet Med Small Anim Clin*, 65, 38
14. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, and Kaufman KR (1994). Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med*, 22, 632-44
15. Dejardin LM (2003). Tibial Plateau Leveling Osteotomy. In Textbook of small animal surgery T. edition. Saunders. 2133-2143
16. Dennler R, Kipfer NM, Tepic S, Hassig M, and Montavon PM (2006). Inclination of the patellar ligament in relation to flexion angle in stifle joints of dogs without degenerative joint disease. *Am J Vet Res*, 67, 1849-54
17. Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, and Song KJ (2007). Radiographic measurement of the proximal and distal mechanical joint angles in the canine tibia. *Vet Surg*, 36, 699-704
18. Drape J GS, Autefage A (1990). Lésions méniscales et rupture du ligament croisé antérieur : étude rétrospective de 400 cas. *Point Vet* 22, 39
19. Duval JM, Budsberg SC, Flo GL, and Sammarco JL (1999). Breed, sex, and body weight as risk factors for rupture of the cranial cruciate ligament in young dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 215, 811-4
20. Fettig AA, Rand WM, Sato AF, Solano M, McCarthy RJ, and Boudrieau RJ (2003). Observer variability of tibial plateau slope measurement in 40 dogs with cranial cruciate ligament-deficient stifle joints. *Vet Surg*, 32, 471-8
21. Fitzpatrick N and Solano MA (2010). Predictive variables for complications after TPLO with stifle inspection by arthrotomy in 1000 consecutive dogs. *Vet Surg*, 39, 460-74



22. Haaland PJ and Sjostrom L (2007). Luxation of the long digital extensor tendon as a complication to Tibial Plateau Levelling Osteotomy. A presentation of four cases. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 20, 224-6
23. Harasen G (1988). Bilateral rupture of the cranial cruciate ligaments in a cat. *Can Vet J*, 29, 172
24. Harasen GL (2005). Feline cranial cruciate rupture: 17 cases and a review of the literature. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 18, 254-7
25. Harasen GL (1995). A retrospective study of 165 cases of rupture of the canine cranial cruciate ligament. *Can Vet J*, 36, 250-1
26. Henderson RA MJ (1978). The tibial compression mechanism : a diagnosis aid in stifle injuries. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 14, 474
27. Herzog W, Adams ME, Matyas JR, and Brooks JG (1993). Hindlimb loading, morphology and biochemistry of articular cartilage in the ACL-deficient cat knee. *Osteoarthritis Cartilage*, 1, 243-51
28. Hoffmann DE, Miller JM, Ober CP, Lanz OI, Martin RA, and Shires PK (2006). Tibial tuberosity advancement in 65 canine stifles. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 19, 219-27
29. Hoots EA and Petersen SW (2005). Tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy in a cat with cranial cruciate ligament rupture. *J Am Anim Hosp Assoc*, 41, 395-9
30. Janssens LAA JG, Janssens DL (1991). Anterior cruciate ligament rupture associated with cardiomyopathy in three cats. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 4, 35-37
31. Johnson AL, Probst CW, Decamp CE, Rosenstein DS, Hauptman JG, Weaver BT, and Kern TL (2001). Comparison of trochlear block recession and trochlear wedge recession for canine patellar luxation using a cadaver model. *Vet Surg*, 30, 140-50
32. Johnson KA, Francis DJ, Manley PA, Chu Q, and Caterson B (2004). Comparison of the effects of caudal pole hemi-meniscectomy and complete medial meniscectomy in the canine stifle joint. *Am J Vet Res*, 65, 1053-60
33. Kennedy SC, Dunning D, Bischoff MG, Kuriashkin IV, Pijanowski GJ, and Schaeffer DJ (2005). The effect of axial and abaxial release on meniscal displacement in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 18, 227-34
34. Kowaleski MP, Apelt D, Mattoon JS, and Litsky AS (2005). The effect of tibial plateau leveling osteotomy position on cranial tibial subluxation: an in vitro study. *Vet Surg*, 34, 332-6
35. Kowaleski MP BR, Pozzi A (2013). Chapter 62 : Stifle joint. In *Veterinary Surgery: Small Animal: 2-Volume Set St Louis: E.H. Sciences.*
36. Krause WR, Pope MH, Johnson RJ, and Wilder DG (1976). Mechanical changes in the knee after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am*, 58, 599-604
37. Lascelles BD, Findley K, Correa M, Marcellin-Little D, and Roe S (2007). Kinetic evaluation of normal walking and jumping in cats, using a pressure-sensitive walkway. *Vet Rec*, 160, 512-6
38. Luther JK, Cook CR, and Cook JL (2009). Meniscal release in cruciate ligament intact stifles causes lameness and medial compartment cartilage pathology in dogs 12 weeks postoperatively. *Vet Surg*, 38, 520-9
39. MacLaughlin RM (2002). Surgical disease of the feline stifle joint. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 32, 963-982
40. Maitland ME, Leonard T, Frank CB, Shrive NG, and Herzog W (1998). Longitudinal measurement of tibial motion relative to the femur during passive displacements in the cat before and after anterior cruciate ligament transection. *J Orthop Res*, 16, 448-54
41. Marshall JL and Olsson SE (1971). Instability of the knee. A long-term experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg Am*, 53, 1561-70
42. McVea DA, Donelan JM, Tachibana A, and Pearson KG (2005). A role for hip position in initiating the swing-to-stance transition in walking cats. *J Neurophysiol*, 94, 3497-508
43. Montavon PM DD, Tepic S (2002). Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. *1st World Orth Vet Congress*, 152
44. Paatsama S (1952). Ligament injuries in the canine stifle joint : a clinical and experimental study. *Thèse de doctorat vétérinaire, Helsinki, Veterinary College,*

45. Pacchiana PD, Morris E, Gillings SL, Jessen CR, and Lipowitz AJ (2003). Surgical and postoperative complications associated with tibial plateau leveling osteotomy in dogs with cranial cruciate ligament rupture: 397 cases (1998-2001). *J Am Vet Med Assoc*, 222, 184-93
46. Perry K and Fitzpatrick N (2010). Tibial tuberosity advancement in two cats with cranial cruciate ligament deficiency. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 23, 196-202
47. Pozzi A, Hildreth BE, 3rd, and Rajala-Schultz PJ (2008). Comparison of arthroscopy and arthrotomy for diagnosis of medial meniscal pathology: an ex vivo study. *Vet Surg*, 37, 749-55
48. Pozzi A, Kowaleski MP, Apelt D, Meadows C, Andrews CM, and Johnson KA (2006). Effect of medial meniscal release on tibial translation after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg*, 35, 486-94
49. Pozzi A, Litsky AS, Field J, Apelt D, Meadows C, and Johnson KA (2008). Pressure distributions on the medial tibial plateau after medial meniscal surgery and tibial plateau levelling osteotomy in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 21, 8-14
50. Priddy NH, 2nd, Tomlinson JL, Dodam JR, and Hornbostel JE (2003). Complications with and owner assessment of the outcome of tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs: 193 cases (1997-2001). *J Am Vet Med Assoc*, 222, 1726-32
51. Reif U, Dejardin LM, Probst CW, DeCamp CE, Flo GL, and Johnson AL (2004). Influence of limb positioning and measurement method on the magnitude of the tibial plateau angle. *Vet Surg*, 33, 368-75
52. Ruthrauff CM, Glerum LE, and Gottfried SD (2011). Incidence of meniscal injury in cats with cranial cruciate ligament ruptures. *Can Vet J*, 52, 1106-10
53. Ryer KA (1981). Rupture of the anterior cruciate ligament in a cat. *Feline Pract*, 5, 15-16
54. Scavelli TD SS (1987). Nonsurgical management of rupture of the cranial cruciate ligament in 18 cats. *J Am Anim Hosp Assoc*, 23, 337-40
55. Schmerbach KI, Boeltzig CK, Reif U, Wieser JC, Keller T, and Grevel V (2007). In vitro comparison of tibial plateau leveling osteotomy with and without use of a tibial plateau leveling jig. *Vet Surg*, 36, 156-63
56. Schnabl E, Reese S, Lorinson K, and Lorinson D (2009). Measurement of the tibial plateau angle in cats with and without cranial cruciate ligament rupture. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 22, 83-6
57. Shahar R and Milgram J (2006). Biomechanics of tibial plateau leveling of the canine cruciate-deficient stifle joint: a theoretical model. *Vet Surg*, 35, 144-9
58. Slocum B and Devine T (1983). Cranial tibial thrust: a primary force in the canine stifle. *J Am Vet Med Assoc*, 183, 456-9
59. Slocum B and Slocum TD (1993). Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 23, 777-95
60. Slocum B ST (1998). Meniscal release. In *Current Techniques in Small Animal Surgery*. W. Wilkins. 1197
61. Smith JL, Chung SH, and Zernicke RF (1993). Gait-related motor patterns and hindlimb kinetics for the cat trot and gallop. *Exp Brain Res*, 94, 308-22
62. Stauffer KD, Tuttle TA, Elkins AD, Wehrenberg AP, and Character BJ (2006). Complications associated with 696 tibial plateau leveling osteotomies (2001-2003). *J Am Anim Hosp Assoc*, 42, 44-50
63. Tackle S SE (1995). Rupture of the cruciate ligament in cats (abstract). *Kleintierpraxis* 23, 897-913
64. Talaat MB, Kowaleski MP, and Boudrieau RJ (2006). Combination tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy of the tibia for the treatment of cranial cruciate ligament-deficient stifles with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg*, 35, 729-39
65. Tashman S and Anderst W (2003). In-vivo measurement of dynamic joint motion using high speed biplane radiography and CT: application to canine ACL deficiency. *J Biomech Eng*, 125, 238-45
66. Tashman S, Anderst W, Kolowich P, Havstad S, and Arnoczky S (2004). Kinematics of the ACL-deficient canine knee during gait: serial changes over two years. *J Orthop Res*, 22, 931-41

67. Thieman KM, Tomlinson JL, Fox DB, Cook C, and Cook JL (2006). Effect of meniscal release on rate of subsequent meniscal tears and owner-assessed outcome in dogs with cruciate disease treated with tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg*, 35, 705-10
68. Tuttle TA and Manley PA (2009). Risk factors associated with fibular fracture after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg*, 38, 355-60
69. Unis MD, Johnson AL, Griffon DJ, Schaeffer DJ, Ragetly GR, Hoffer MJ, and Ragetly CA (2010). Evaluation of intra- and interobserver variability and repeatability of tibial plateau angle measurements with digital radiography using a novel digital radiographic program. *Vet Surg*, 39, 187-94
70. Warzee CC, Dejardin LM, Arnoczky SP, and Perry RL (2001). Effect of tibial plateau leveling on cranial and caudal tibial thrusts in canine cranial cruciate-deficient stifles: an in vitro experimental study. *Vet Surg*, 30, 278-86
71. Wheeler JL, Cross AR, and Gingrich W (2003). In vitro effects of osteotomy angle and osteotomy reduction on tibial angulation and rotation during the tibial plateau-leveling osteotomy procedure. *Vet Surg*, 32, 371-7
72. Whitney WO (2003). Arthroscopically assisted surgery of the stifle joint. In *Small animal arthroscopy*. Philadelphia: Saunders. 116
73. Zachos TA, Arnoczky SP, Lavagnino M, and Tashman S (2002). The effect of cranial cruciate ligament insufficiency on caudal cruciate ligament morphology: An experimental study in dogs. *Vet Surg*, 31, 596-603

Toulouse, 2015

**NOM :** MALECA

**PRENOM :** David

**TITRE :** Etude expérimentale de l'ostéotomie de nivellement du plateau tibial chez chat.

**RESUME :** La rupture du ligament croisé crânial est une affection peu fréquente chez le chat et principalement d'origine traumatique. L'ostéotomie de nivellement du plateau tibial (TPLO) est une technique dite dynamique modifiant la biomécanique du grasset, rendant le ligament croisé crânial inutile. La TPLO semble présenter actuellement les meilleurs résultats chez le chien mais seulement un cas clinique est rapporté à propos de sa réalisation chez le chat, avec de bons résultats. Cette étude expérimentale est une évaluation ex vivo de la TPLO pour cette espèce. L'effet de la chirurgie sur le tiroir antérieur a été évalué radiographiquement sur 10 membres décharnés après section du ligament croisé crâniale dont les forces appliquées au grasset ont été reproduites au moyen d'une presse simulant un poids similaire à celui exercé par l'animal. Les résultats montrent une nette insuffisance de la chirurgie dans la correction du tiroir antérieur ainsi que de la rotation médiale induite par la rupture du ligament croisé crânial.

**MOTS-CLES :** CHAT, BIOMECHANIQUE, ORTHOPEDIE, OSTEOTOMIE DE NIVELLEMENT DU PLATEAU TIBIAL, TPLO, TIBIAL PLATEAU LEVELLING OSTEOTOMY, CHIRURGIE, LIGAMENT CROISE CRANIAL

**NAME :** MALECA

**FIRST NAME :** David

**TITLE :** Experimental study of the tibial plateau levelling osteotomy in the feline species.

**SUMMARY :** The cranial cruciate ligament rupture is an uncommon disease in cats and especially traumatic. The tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) is a technique called dynamic altering the biomechanics of the stifle joint, making the cranial cruciate ligament unnecessary. The TPLO currently seems to present the best results in the dog but only a case report is published about its realization in cats, with good results. This experimental study is an ex vivo evaluation of the TPLO for this species. The effect of the surgery on the cranial drawer movement was assessed radiographically over 10 emaciated limbs after cranial cruciate ligament transection on whose forces applied to stifle were reproduced by means of a press simulating a weight similar to that exercised by the animal. The results show a clear failure of surgery in the correction of anterior drawer and the medial rotation induced by the rupture of the cranial cruciate ligament.

**KEY-WORDS :** CAT, BIOMECHANICS, ORTHOPEDICS, TPLO, TIBIAL PLATEAU LEVELLING OSTEOTOMY, SURGERY, CRANIAL CRUCIATE LIGAMENT