

Année 2022

Mémoire N° : MS2242021

Mémoire de fin d'études

Pour L'obtention du Diplôme National de Spécialité
Option : **TRAUMATOLOGIQUE ET ORTHOPEDIQUE**

Intitulé

ARTHROPLASTIE TOTALE DU GENOU ASSISTÉE PAR ORDINATEUR: A PROPOS DE 42 CAS

Présenté par :
Docteur Omar LAZREK

Sous la direction du :
Professeur Moulay Omar LAMRANI

Liste des figures

Figure 1 : Les angles Alpha, Beta, Gamma et Delta.	8
Figure 2 : Les zones de descellement.	9
Figure 3 : Guides de coupe, corps rigides et pointer équipés de marqueurs sphériques.	11
Figure 4 : La colonne de navigation du système Amplivision™.	12
Figure 5 : Installation du patient et du system de navigation.	14
Figure 6 : La fixation des corps rigides au niveau du fémur et du tibia.	16
Figure 7 : Acquisition du centre de la cheville.	17
Figure 8 : L'acquisition du centre de la hanche.	18
Figure 9 : L'acquisition du centre du genou.	18
Figure 10 : L'acquisition du genou et du fémur (Bone Morphing).	20
Figure 11 : La mesure de l'angle HKA après résection des ostéophytes.	22
Figure 12 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 1.	22
Figure 13 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 2.	23
Figure 14 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 3.	24
Figure 15 : La numérisation de la position du taraud.	24
Figure 16 : La coupe tibiale.	25
Figure 17 : La vérification et la numérisation du niveau de la coupe tibiale.	25
Figure 18 : L'équilibrage ligamentaire en extension.	26
Figure 19 : L'équilibrage ligamentaire en flexion.	27
Figure 20 : La coupe fémorale.	28
Figure 21 : Mise en place de l'implant d'essai fémoral.	28
Figure 22 : Vérification de la position de l'implant d'essai fémoral.	29
Figure 23 : Mise en place de l'implant d'essai tibial.	29
Figure 24 : Vérification des implants d'essai en extension.	30
Figure 25 : Vérification des implants d'essai en flexion.	30
Figure 26 : Implantation définitive et mesure de l'angle HKA peropératoire.	31
Figure 27 : Répartition des patients selon l'âge.	33
Figure 28 : Répartition des patients selon le sexe.	33
Figure 29 : Répartition des patients en fonction du côté opéré.	35
Figure 30 : Répartition des déformations préopératoires.	36
Figure 31 : Répartition des patients selon le type d'arthrose.	37
Figure 32 : Répartition des stades d'arthrose selon le score d'AHLBACK.	37
Figure 33 : Répartition selon le degré de la rotation de l'implant fémoral.	40
Figure 34 : Répartition selon la taille de l'implant tibial.	41
Figure 35 : Répartition selon la taille de l'implant fémoral.	41
Figure 36 : Répartition selon la taille de l'implant rotulien.	42
Figure 37 : Répartition selon la taille de l'insert en polyéthylène.	42
Figure 38 : Répartition des patients selon le recul.	44
Figure 39 : Score IKS global pré et postopératoire.	46
Figure 40 : Satisfacation globale des patients.	46
Figure 41 : Répartition selon l'HKA postopératoire.	47
Figure 42 : Différences entre le varus navigué en fin d'intervention et le varus du Pangonogramme post-op.	51

Liste des tableaux

Tableau I : Flessum articulaire préopératoires.	35
Tableau II : Corrélation entre les scores IKS total en pré et postopératoire	50
Tableau III : Comparaison entre le varus préopératoire et le varus évalué par le navigateur après résection des ostéophytes.....	50
Tableau IV : Tableau récapitulatif des différentes séries de la littérature.....	56
Tableau V : Comparaison de l'âge dans notre série à celui dans la littérature.....	57
Tableau VI : Comparaison du sexe dans notre série à celui dans la littérature.....	57
Tableau VII : Comparaison de l'IMC dans notre série à celui dans la littérature.....	58
Tableau VIII : Comparaison de l'étiologie de la gonarthrose dans notre série à celle dans la littérature.....	58
Tableau IX : Comparaison de l'HKA préopératoire et de l'HKA après résection des ostéophytes dans notre série et dans la littérature.	59
Tableau X : Comparaison de la rotation de l'implant fémorale dans notre série à celle dans la littérature.....	60
Tableau XI : Comparaison de la durée moyenne de l'intervention dans notre série à celle dans la littérature.	61
Tableau XII : Comparaison du recul moyen dans notre série à celui dans la littérature.	62
Tableau XIII : Comparaison des scores IKS dans notre série à ceux dans la littérature.	64
Tableau XIV : Comparaison de la mobilité articulaire moyenne dans notre série à celle dans la littérature.....	65
Tableau XV : Comparaison du taux de réaxation dans notre série à celui dans la littérature.	67
Tableau XVI : Comparaison de la configuration de l'implant fémoral dans notre série à celle dans la littérature.....	68
Tableau XVII : Comparaison de la configuration de l'implant tibial dans notre série à celle dans la littérature.....	69
Tableau XVIII : Tableau récapitulatif des avantages et des inconvénients de la navigation dans l'arthroplastie totale du genou.....	73

Sommaire

Introduction	1
Matériel et Méthodes	4
1. Le type d'étude.....	5
2. Les critères d'inclusion.....	5
3. Les critères de non inclusion.....	5
4. Constitution de la série :	6
4.1. Evaluation clinique	6
4.2. Evaluation radiologique.....	7
5. Données informatiques :	9
6. Analyse statistique :.....	10
6.1. Etude descriptive	10
6.2. Etude analytique	10
7. Présentation du navigateur Amplivision™	10
7.1. Généralités :.....	10
7.2. La mise en route du navigateur :.....	12
7.3. La présentation de l'ancillaire :.....	13
7.4. La technique chirurgicale de pose de la PTG Score™ naviguée	13
7.4.1. L'installation du patient :	13
7.4.2. L'installation du navigateur :	14
7.4.3. La voie d'abord :	15
7.4.4. La fixation des corps rigides :	15
7.4.5. L'acquisition des centres de la cheville, de la hanche et du genou :	17
7.4.5.1. Le centre de la cheville :.....	17
7.4.5.2. Le centre de la hanche :	17
7.4.5.3. Le centre du genou :	18
7.4.5.4. L'acquisition tibiale :.....	19
7.4.5.5. L'acquisition fémorale :.....	21
7.4.5.6. La mesure de l'angle HKA :	21
7.4.6. Le planning tibial :	22
7.4.7. La coupe tibiale :.....	24
7.4.8. L'équilibrage ligamentaire :	26
7.4.9. La coupe fémorale :.....	27
7.4.10. Les implants d'essai :.....	28
7.4.11. L'implantation définitive :	31
Résultats	32
1. Etude descriptive	33
1.1. Données épidémiologiques	33

1.1.1. Age.....	33
1.1.2. Sexe.....	33
1.1.3. Les antécédents :.....	34
1.1.4. L'étiologie	34
1.2. Les données cliniques préopératoires	34
1.2.1. Le Poids, la taille, l'IMC.....	34
1.2.2. Le côté opéré	34
1.2.3. La mobilité articulaire préopératoire	35
1.2.4. Autre atteinte articulaire.....	35
1.2.5. Le score IKS préopératoire :	35
1.3. Les données radiologiques préopératoires :.....	36
1.3.1. Le type et la valeur de la déformation préopératoire.....	36
1.3.2. Le type de l'arthrose	36
1.3.3. Le stade de l'arthrose.....	37
1.3.4. Les angles HKF et HKS en préopératoire.....	38
1.3.5. L'angle de Levigne	38
1.3.6. La pente tibiale postérieure	38
1.3.7. La hauteur patellaire	38
1.4. Les données peropératoires :.....	38
1.4.1. La voie d'abord :.....	38
1.4.2. L'acquisition tibiale :.....	38
1.4.3. L'acquisition fémorale :.....	38
1.4.4. L'angle HKA mesuré par le navigateur avant la réalisation des coupes :	39
1.4.5. L'équilibre ligamentaire.....	39
1.4.6. La configuration de l'implant tibial.....	39
1.4.7. La rotation de l'implant fémoral.....	39
1.4.8. Le notching fémoral.....	40
1.4.9. Le resurfacement rotulien.....	40
1.4.10. Le matériel implanté	40
1.4.11. Complications per-opératoires :	43
1.4.12. La mesure de l'angle HKA final évalué par le navigateur :	43
1.4.13. La mobilité articulaire finale évaluée par le navigateur.....	43
1.4.14. La Stabilité du genou en fin d'intervention :	43
1.4.15. La durée de l'intervention.....	43
1.4.16. La durée d'hospitalisation	43
1.5. Les données cliniques au recul:.....	44
1.5.1. Le protocole de suivi des patients.....	44

1.5.2.	Le recul par rapport à l'intervention.....	44
1.5.3.	Le taux de survie des implants.....	44
1.5.4.	La rééducation.....	45
1.5.5.	La mobilité articulaire lors de la dernière consultation.....	45
1.5.6.	Le score IKS postopératoire.....	45
1.5.7.	La satisfaction globale des patients.....	46
1.6.	Les données radiologiques postopératoires :.....	47
1.6.1.	L'angle HKA postopératoire :.....	47
1.6.2.	L'implant tibial :.....	47
1.6.3.	L'implant fémoral :.....	48
1.6.4.	L'implant rotulien :.....	48
1.6.4.1.	La hauteur rotulienne.....	48
1.6.4.2.	L'épaisseur rotulienne.....	49
1.7.	Les complications.....	49
1.7.1.	Les complications à court terme :.....	49
1.7.2.	Les complications à moyen terme :.....	49
1.7.3.	Les complications à long terme.....	49
2.	Etude analytique.....	49
2.1.	La comparaison entre les scores fonctionnels pré et postopératoires.....	49
2.2.	La comparaison entre le varus préopératoire et le varus évalué par le navigateur après résection des ostéophytes :.....	50
2.3.	La comparaison entre le varus évalué par le navigateur en fin d'intervention, et le varus mesuré sur le pangonogramme postopératoire :.....	51
2.4.	La comparaison entre l'angle bêta mesuré en postopératoire et l'angle de Levigne préopératoire:.....	52
2.5.	La corrélation entre l'angle HKA postopératoire et l'IKS post opératoire.....	52
2.6.	La corrélation entre la pente tibiale évaluée par le navigateur et la flexion postopératoire.....	52
Discussion	53
1.	Généralités.....	54
1.1.	Autocritique de l'étude:.....	54
1.2.	La cotation fonctionnelle et les critères d'analyse clinique.....	54
1.3.	La définition de l'échec :.....	55
2.	L'épidémiologie.....	56
2.1.	L'âge.....	57
2.2.	Le sexe.....	57
2.3.	L'indice de masse corporelle.....	58

2.4. L'étiologie	58
3. La technique chirurgicale.....	59
3.1. L'acquisition de l'axe mécanique.....	59
3.2. La rotation de l'implant fémoral.....	60
3.3. La pente tibiale	61
3.4. L'importance du varus/valgus :.....	61
3.5. La durée de l'opération	61
4. Les résultats cliniques et radiologiques	62
4.1. Les résultats cliniques	62
4.1.1. Le recul	62
4.1.2. Le score IKS.....	63
4.1.3. La mobilité articulaire au recul.....	65
4.1.4. La satisfaction des patients.....	66
4.2. Les résultats radiologiques	66
4.2.1. Les critères d'analyse radiographique	66
4.2.2. L'angle HKA postopératoire	67
4.2.3. La configuration de l'implant fémoral.....	68
4.2.4. La configuration de l'implant tibial.....	68
4.2.5. La hauteur et l'épaisseur de la rotule	70
4.3. Les complications	70
4.3.1. Les complications per-opératoires.....	70
4.3.2. Les complications postopératoires à moyen terme.....	71
5. Les difficultés techniques de la navigation	71
5.1. Les erreurs possibles au cours de la navigation.....	71
5.2. Le coût de la navigation.....	71
6. L'intérêt de la navigation dans l'apprentissage.....	72
Conclusion	74
Résumés.....	77
Annexes.....	81
Bibliographie.....	86

Introduction

La longévité des prothèses totales du genou (PTG) est étroitement corrélée à la qualité de la pose [1,2]. Pour atteindre ses objectifs, une PTG doit obéir à un certain nombre de principes mécaniques : l'axe mécanique frontal du membre inférieur (traduit par l'angle HKA) doit être normo-axé, l'interligne articulaire doit être resituée, enfin le genou prothétique doit avoir un équilibrage ligamentaire correct garantissant la stabilité et la bonne répartition des contraintes.

Il est clairement établi que le taux de descellement augmente dès que le membre n'est pas normoaxé [3]. Habituellement, le positionnement des implants dépend des ancillaires qui présentent des limites et des imprécisions. Malgré les visées intra ou extra-médullaires, il est classique de rencontrer des malpositions tant dans le plan frontal que dans le plan sagittal ou coronal [4]. En effet, au niveau du fémur, un angle de 4° à 7° entre l'axe anatomique matérialisé par la tige intra médullaire et l'axe mécanique de face permet d'avoir une coupe fémorale inférieure perpendiculaire à l'axe mécanique et, dans certains cas, une rotation externe de 3° est imprimée au composant fémoral [5]. Pour le tibia, les axes anatomiques et mécaniques se superposent sur la face, mais la restitution de la pente anatomique sur le profil reste approximative. Ainsi, bien que l'arthroplastie du genou donne de bons résultats, il existe selon les séries 5 à 8% de complications (faillite des implants, instabilité, etc.) [6].

C'est dans ce contexte que sont apparus les systèmes de navigation dont le but est de permettre une pose plus précise et reproductible des implants, garantissant une meilleure survie [7,8].

La mise en place de prothèse totale de genou de type SCORE™ assistée par le système de navigation Amplivision™ a débuté en 2004 à l'Institut Mutualiste Montsouris. Préalablement, les opérateurs s'étaient familiarisés avec la gamme SCORE™, en réalisant des arthroplasties de genou à l'aide de l'ancillaire traditionnel non navigué.

Le but de notre étude est de :

- Rappporter l'expérience de l'Institut Mutualiste Montsouris dans le domaine de la chirurgie prothétique du genou assistée par ordinateur.
- Vérifier la concordance des données per-opératoires fournies par le navigateur avec les données radiographiques postopératoires dans les arthroplasties totales du genou.
- Evaluer l'apport et les limites de la navigation dans la qualité de pose de la PTG.

Matériel et Méthodes

1. Le type d'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective menée au service de chirurgie orthopédique de l'Institut Mutualiste Montsouris sur une période de trois ans (de 2009 à 2012), portant sur 38 patients et donc 42 genoux (34 unilatéraux et 4 bilatéraux). Tous ces patients ont eu une arthroplastie totale du genou assistée par ordinateur par un seul opérateur, et mise en place de première intention entre Janvier 2009 et Décembre 2012.

La population initiale comprenait 43 patients :

- 38 patients revus avec un recul moyen de 6 ans (42 genoux)
- 3 patients perdus de vue
- 2 dossiers inexploitable

2. Les critères d'inclusion

Les critères d'inclusion étaient:

Les patients présentant une gonarthrose sur genu varum quelque en soit l'étiologie ayant eu une arthroplastie totale du genou type Score™ naviguée par le système Amplivision™ (Société Amplitude™, Grenoble, France).

3. Les critères de non inclusion

Le critère d'exclusion était:

- Les reprises après échec de l'arthroplastie de première intention.
- L'arrêt peropératoire de la navigation suite à des problèmes techniques.
- Antécédents de chirurgie sur le genou concerné.

4. Constitution de la série :

Chacun des patients étaient suivi sur le plan clinique et radiologique en postopératoire par son opérateur.

Lors de la revue, un Pangonogramme et des clichés radiographiques de face et de profil étaient prescrits dans le cadre du suivi standard des arthroplasties totales de genou. Le reste des données était recueilli sur les dossiers d'anesthésie, sur les comptes rendus de consultation, et sur les comptes rendus opératoires accessibles via le dossier médical du patient emprunté aux archives.

4.1. Evaluation clinique

Chaque patient inclus dans l'étude a eu une évaluation clinique préopératoire et postopératoire, reposant sur l'utilisation de scores simples, scientifiquement valides et utilisés très largement dans la littérature internationale.

Ainsi, l'évaluation préopératoire a été faite grâce aux données colligées dans chaque dossier :

- Le score IKS préopératoire [9] (Annexe 1) : sur 200 points, comporte :
- Un score genou (sur 100 points) : il évalue la douleur, la mobilité et la stabilité du genou
- Un score fonction (sur 100 points) : il inclut le périmètre de marche et le déplacement dans les escaliers
- Ainsi, plus le score IKS est bas, plus le genou est fonctionnellement gênant.

- La satisfaction globale de chaque patient vis à vis de la prothèse [10] (Annexe 2) :
- Très satisfait
- Satisfait
- Moyennement satisfait
- Déçu

4.2. Evaluation radiologique

Chaque patient a eu les mêmes examens radiographiques, en préopératoire et en postopératoire, permettant ainsi une analyse comparative dans le temps des différents critères retenus.

Par ailleurs, afin de limiter au maximum le biais subjectif de mesure, l'appréciation des paramètres s'est faite par un seul opérateur.

- Les mesures préopératoires :
- Angle HKA : angle entre les axes mécaniques fémoral et tibial et qui détermine le varus/valgus du membre
- Pente tibiale postérieure : angle entre la tangente au bord postérieur du tibia et le plateau tibial externe
- Localisation de l'arthrose (Annexe 3)
- Le stade de l'arthrose selon AHLBACK [11] (Annexe 4)
- Les mesures postopératoires [12] (Figure 26) :
- Angle HKA

• Angle SKT = angle **Alpha** : mesure l'inclinaison externe de la pièce fémorale dans le plan frontal (Fig.3) qui a été évalué en mesurant l'angle entre la tangente aux condyles fémoraux et l'axe mécanique du fémur, sur le Pangonogramme (en médial).

• Angle AKT = angle **Beta** : mesure l'inclinaison du plateau tibial dans le plan frontal qui est l'angle entre la tangente au plateau tibial et l'axe anatomique du tibia (mesuré en médial). Celui-ci doit être égal à 90° , de telle sorte que la tangente au plateau tibial prothétique forme un angle de 90° avec l'axe anatomique du tibia. Si cet angle est supérieur à 90° , l'implant tibial est valgisé, s'il est inférieur à 90° , il est varisé.

• Angle **Gamma** : représente la flexion de la pièce fémorale dans le plan sagittal et a été évaluée en mesurant l'angle formé entre la droite passant par le bord postérieur du carter fémoral et l'axe anatomique du fémur

• Angle **Delta** : caractérise la pente du plateau tibial dans le plan sagittal et qui est l'angle entre la tangente à la corticale postérieure du tibia et l'axe de la coupe tibiale de profil.

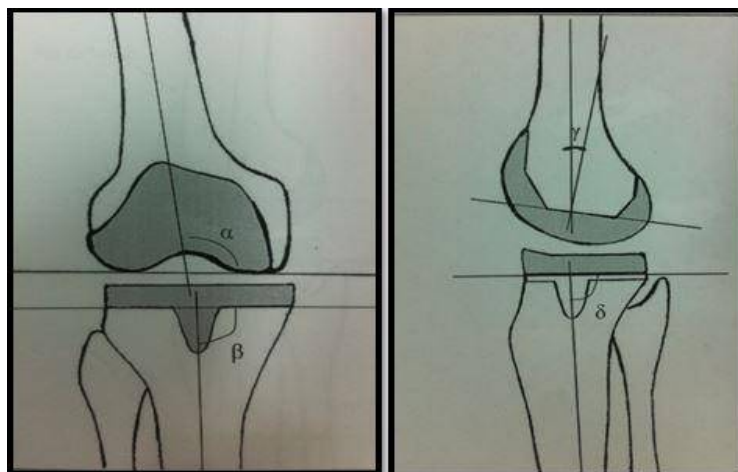


Figure 1 : Les angles Alpha, Beta, Gamma et Delta.

- Hauteur rotulienne prothétique = indice de Caton [13]
- Epaisseur rotulienne postopératoire.
- Localisation d'un éventuel liseré (descellement) et/ou zone d'ostéolyse (Figure 2).

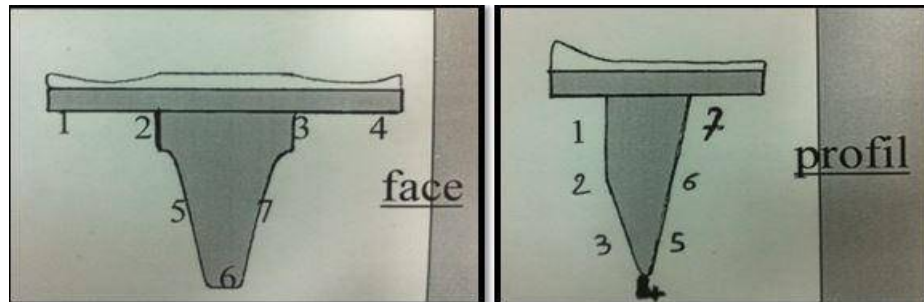


Figure 2 : Les zones de descellement.

5. Données informatiques :

Concernant les données informatiques, celles-ci étaient conservées dans la majorité des cas sur une clé USB par l'opérateur lui-même. Dans le cas contraire, Il était également possible de les récupérer dans les archives du navigateur, par l'intermédiaire de la société Amplitude™.

Pour chaque patient, les données informatiques peropératoires sont conservées sous forme d'un dossier contenant un fichier en format *HTML* sur lequel figurent les différentes étapes de la navigation chirurgicale. Ces fichiers peuvent être transportés et stockés sur tout type de support informatique (*CD*, clé *USB*, disque dur externe) et peuvent être consultés sur un ordinateur muni d'un logiciel de navigation internet (Internet Explorer, Google Chrome...).

6. Analyse statistique :

L'analyse statistique a été élaborée à l'aide du logiciel SPSS™ (Statistical Package for Social Science IBM™), version 20.

6.1. Etude descriptive

Les résultats sont exprimés en moyennes, médianes, valeurs extrêmes et déviations standard pour les variables quantitatives. Pour les variables qualitatives, des fréquences simples et des fréquences relatives (pourcentages) ont été calculées. Elle représente une analyse purement descriptive des résultats.

6.2. Etude analytique

Une étude des corrélations effectuée par le test de Pearson qui est un test statistique permettant de tester l'adéquation d'une série de données à une famille de lois de probabilité. En cas de non validité de ce test, le test exact de Fisher a été utilisé. Les corrélations étaient considérées statistiquement significatives si $p < 0,05$.

7. Présentation du navigateur Amplivision™

7.1. Généralités :

Le navigateur Amplivision™ (société Amplitude), fait partie des systèmes passifs, sans imagerie pré ou peropératoire. Il est muni d'une tête optique (équipée de deux caméras infrarouges), intégrée au système sur un bras télescopique, et d'un guidage laser qui facilite ainsi une visée précise sur la zone d'intérêt. Le navigateur est équipé d'un écran tactile de dix-sept pouces affichant l'interface graphique qui guide étape par étape le chirurgien au cours de l'intervention.

Deux ports USB, situés sous l'écran, permettent de récupérer les données cliniques informatisées, en fin d'intervention. Une pédale munie de deux boutons, reliée à la colonne, commande à l'écran les différents paramètres proposés étape par étape par le logiciel de navigation.

Un palpeur/pointeur, faisant partie de l'ancillaire stérile, sans fil ni pile, permet au chirurgien de prendre les références anatomiques (Bone Morphing, malléoles), mais aussi de piloter le logiciel de navigation, à l'aide de sa gâchette. Il est, tout comme le guide de coupe, équipé de marqueurs sphériques permettant un large spectre de visibilité des corps rigides aux caméras infrarouges (Figure3).



Figure 3 : Guides de coupe, corps rigides et pointer équipés de marqueurs sphériques.

La colonne est équipée d'un ordinateur de type PC, dont le système d'exploitation est Windows XP, sur lequel est installé de logiciel de navigation (Figure2).

Depuis 2005, date de création du système Amplivision™, il a été réalisé plusieurs mises à jour. Le logiciel actuel en est à sa version 2.3, et de nombreuses améliorations telles que, y ont été apportés.



Figure 4 : La colonne de navigation du système Amplivision™.

7.2. La mise en route du navigateur :

Il est important de positionner la station à une distance minimale de 1,5m par rapport au patient.

Sur la page d'accueil, il faut commencer par sélectionner la langue souhaitée, grâce à l'écran tactile. Puis on peut saisir des renseignements à l'aide du clavier sur l'écran tactile (Figure 4) :

- nom du chirurgien
- nom du patient
- date de naissance du patient
- côté à opérer

7.3. La présentation de l'ancillaire :

La PTG Score™ possède un ancillaire mécanique et un ancillaire navigué, et il est possible à tout moment de passer de l'un à l'autre.

L'ancillaire permet une simulation de l'équilibrage ligamentaire en extension et en flexion, avant la réalisation des coupes fémorales. Il permet également de visualiser et déterminer la rotation fémorale en fonction des paramètres osseux et/ou ligamentaires. Il comprend un guide de coupe 5 en 1 muni de marqueurs afin d'être repéré par le navigateur, tout comme le palpeur/pointeur et les corps rigides.

L'ancillaire de rotule permet la préparation de celle-ci soit en coupe, soit en fraisage.

7.4. La technique chirurgicale de pose de la PTG Score™ naviguée

7.4.1. L'installation du patient :

Une bonne installation est essentielle au déroulement de l'intervention, d'autant que le navigateur ajoute un élément supplémentaire autour de la table d'opération.

Le patient est étendu, en décubitus dorsal, le membre inférieur opéré doit être complètement libre et mobilisable jusqu'à la racine de la cuisse. Le genou doit pouvoir passer, sans difficulté, de la flexion complète pour l'exposition et la mise en place des implants prothétiques, à l'extension complète pour bien juger de l'axe fémoro-tibial, et de l'équilibrage ligamentaire. Un support latéral placé à la face latérale de la cuisse, juste en dessous du grand trochanter, va éviter la bascule en rotation externe du membre. On place également une cale sur

laquelle le talon du patient va pouvoir se bloquer de façon à ce que le genou puisse rester à 90° sans l'assistance de l'aide opératoire (Figure 5).

Habituellement, l'opérateur et l'instrumentiste sont du même côté que la jambe opérée, et l'aide est en face. L'utilisation d'un garrot facilite le geste chirurgicale mais n'est pas obligatoire.



Figure 5 : Installation du patient et du system de navigation.

7.4.2. L'installation du navigateur :

Même si la philosophie de la chirurgie assistée par ordinateur, est que le matériel informatique ou robotique se doit d'être le plus « transparent » possible et ne brider en rien la gestuelle habituelle de l'opérateur et de son équipe, il est vrai néanmoins qu'il faut veiller à l'installer de façon la plus ergonomique. Le navigateur doit être placé à 1,5m du patient, de façon à éviter tout risque septique, et de telle manière que la tête optique détecte en permanence les marqueurs réfléchissants (Figure 5).

En cas d'interruption de la détection, les lettres majuscules (« F » pour fémur, « T » pour tibia, « P » pour palpeur/pointeur et « G » pour guide), situées dans la fenêtre de visibilité et de détection des corps rigides, placée en bas à

gauche de l'écran du navigateur, passent du vert au rouge. Le personnel non stérile présent en salle d'opération doit à tout moment pouvoir modifier la position de la tête optique, voir du chariot sur lequel repose le navigateur, afin de retrouver le signal.

En cours d'intervention il arrive parfois que le navigateur ne détecte plus les marqueurs. Cela peut survenir lorsque l'aide ou l'opérateur masquent le signal en passant devant la tête optique, ou en mobilisant le genou. Il suffit alors simplement de se décaler un peu, ou de modifier l'angulation de la tête optique. Le signal peut également être interrompu lorsque les marqueurs réfléchissant sont souillés par des projections de sang. Le simple nettoyage au sérum de ceux-ci permet de récupérer le signal. Enfin, des sources infrarouges parasites (lumière du soleil, lampes chaude), peuvent également interrompre le signal.

7.4.3. La voie d'abord :

La technique naviguée s'adapte aux différentes voies d'abord classiques du genou.

Les corps rigides tibial et fémoral, peuvent être placés en dehors de la voie d'abord, en réalisant de petites incisions afin de fixer les fiches quasiment en percutané. Il est également possible de les placer dans la voie d'abord, à la condition de réaliser une plus grande incision.

7.4.4. La fixation des corps rigides :

Il est conseillé de réaliser la voie d'abord avant la fixation des corps rigides, car ceux-ci une fois fixés, peuvent gêner le chirurgien. De plus on adaptera la position des corps rigides en fonction de la taille de la voie d'abord.

Après abord de l'articulation et exposition du genou, il est important de faire l'exérèse des ostéophytes. Cela permet de retrouver les bonnes surfaces articulaires à palper pour la numérisation (Bone morphing). Cela évite également le risque de sur ou sous dimensionner la taille de l'implant.

Les fiches de fixation doivent être bi corticales et placées en antéro-interne sur le fémur et le tibia et ne doivent pas gêner la mise en place des tarauds (figure 6).

Il faut orienter le corps rigide vers la tête optique, puis verrouiller le système de fixation.

Il est important d'orienter et de fixer les corps rigides de façon à ce que, jambe fléchie ou non, ceux-ci soient toujours visibles par la tête optique. Pour se faire, les lettres F, T, G doivent être au centre de la fenêtre de visibilité et de détection des corps rigides, placée en bas à gauche de l'écran du navigateur.

Les deux corps rigides fémorale et tibiale doivent être mis à distance pour éviter les phénomènes d'interférence.

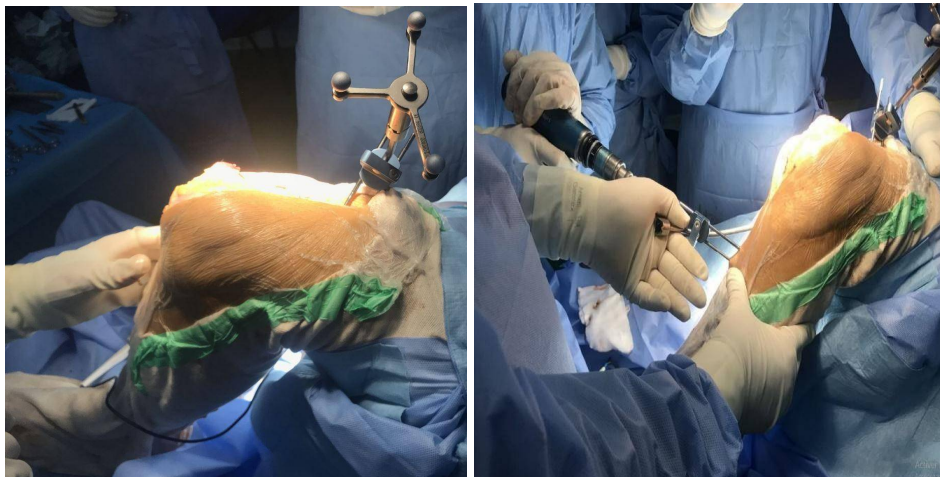


Figure 6 : La fixation des corps rigides au niveau du fémur et du tibia

7.4.5. L'acquisition des centres de la cheville, de la hanche et du genou :

7.4.5.1. Le centre de la cheville :

On détermine le centre de la cheville à l'aide du palpeur/pointeur (Figure 7).

Il faut placer successivement la pointe du palpeur/pointeur, sur le point le plus distal des malléoles médiale et latérale en validant à chaque fois leur position à l'aide de la gâchette.



Figure 7 : Acquisition du centre de la cheville

7.4.5.2. Le centre de la hanche :

Pour déterminer le centre de la hanche il faut effectuer un mouvement circulaire de la hanche, d'un rayon de 15 cm au niveau du genou. Une fois l'acquisition finie, le système calcule le centre cinématique de la hanche (Figure 8). Si le résultat est satisfaisant, le système passe automatiquement à l'étape suivante. Sinon, le système demande de recommencer l'acquisition.

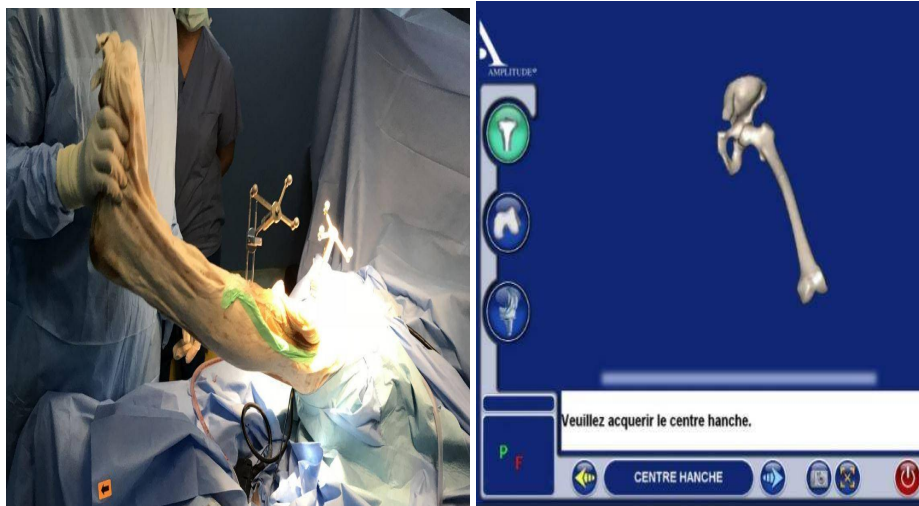


Figure 8 : L'acquisition du centre de la hanche.

7.4.5.3. Le centre du genou :

Le centre du genou est déterminé à l'aide du palpeur/pointeur dont la pointe doit être placée au centre des épines tibiales (Figure 9).

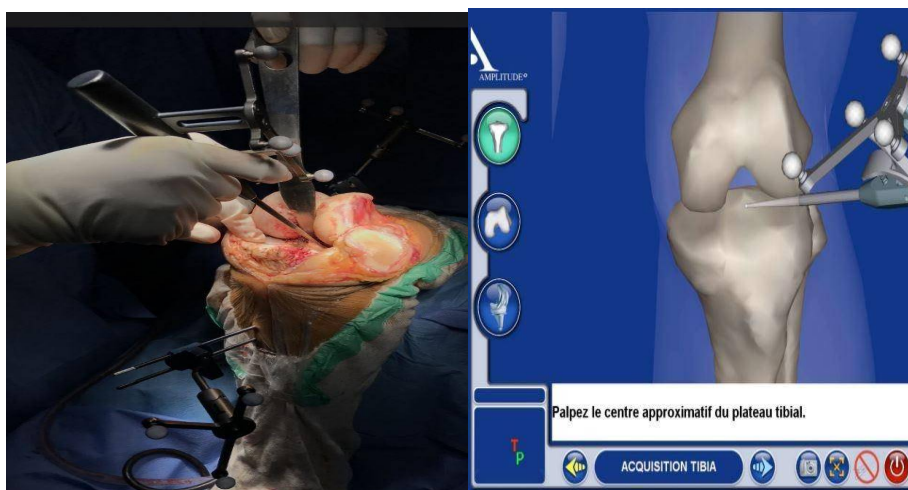


Figure 9 : L'acquisition du centre du genou.

7.4.5.4. L'acquisition tibiale :

L'objectif de cette étape est de numériser la surface osseuse tibiale et de contrôler la précision de cette acquisition.

Il est préférable de luxer le plateau tibial afin de bien dessiner son contour (taille du futur implant), et de prendre des points dans la zone où sera réalisée la coupe tibiale (Figure 9).

Lorsque les « zones d'intérêts » indiquées par un trait rouge (zone antérieure, zone latérale, zone médiale) deviennent vertes et ne bougent plus cela signifie que la quantité minimale de points pour ces zones est obtenue. Elles représentent les zones de référence pour déterminer la taille et positionner l'embase.

Pendant l'acquisition des points, la surface articulaire se déforme en temps réel à l'écran, réalisant ainsi une véritable reproduction tridimensionnelle du plateau tibial.

Dans la dernière version du logiciel, trois zones d'intérêts, sont représentées par des cubes rouges. Elles représentent les zones de référence minimum à acquérir pour déterminer la taille et positionner l'embase. Lorsque ces zones deviennent vertes, cela signifie que la quantité minimale de points est obtenue.

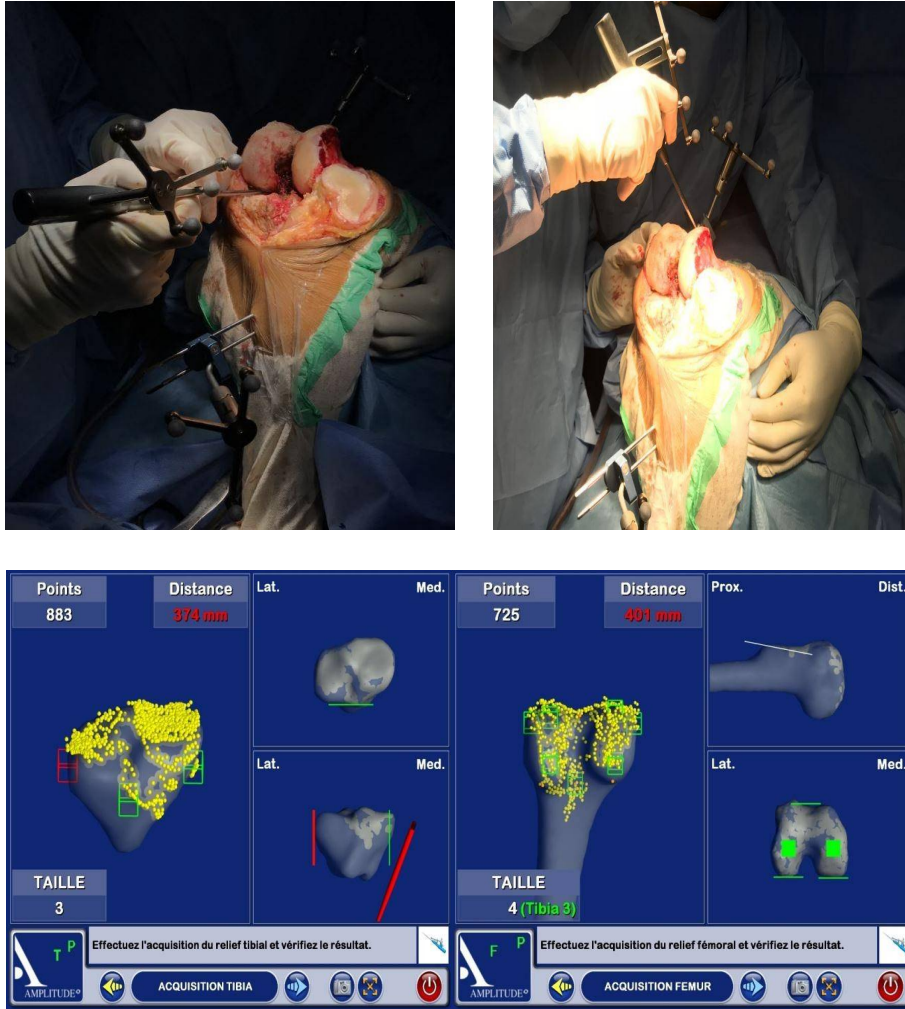


Figure 10 : L'acquisition du genou et du fémur (Bone Morphing).

7.4.5.5. L'acquisition fémorale :

Le sommet de l'échancrure est palpé, et on valide sa position à l'aide de la gâchette. On détermine l'axe des condyles fémoraux postérieurs en réalisant l'acquisition du point le plus postérieur de chacun des condyles latéral et médial. On détermine également un point sur la corticale antérieure du fémur.

Après l'acquisition des différents points remarquables, on peut réaliser la numérisation de la surface articulaire fémorale et sa vérification (Figure 10).

Lorsque les sept «zones d'intérêts» indiquées en rouge (médiale, latérale, antérieure, distale médiale, distale latérale, postérieure médiale et postérieure latérale) deviennent vertes et stables cela signifie que la quantité minimale de points pour ces zones est obtenue. Pendant l'acquisition des points, la surface articulaire se déforme en temps réel. Dans la dernière version du logiciel, comme pour le tibia, les zones d'intérêt sont représentées par cinq cubes.

7.4.5.6. La mesure de l'angle HKA :

A cette étape, une fois le genou numérisé et les centres de la hanche et de la cheville déterminés, on peut mesurer l'angle HKA. Cet angle est mesuré une fois la voie d'abord réalisée, après l'ablation d'éventuels ostéophytes, et en position couché. Ainsi il peut être différent de l'angle mesuré lors d'un Pangenogramme, en charge (Figure 11).

Il faut placer la jambe en extension, sans contrainte. Le navigateur va afficher à l'écran l'angle HKA. On note également à l'écran une mesure du flessum ou du recurvatum.



Figure 11 : La mesure de l'angle HKA après résection des ostéophytes.

7.4.6. Le planning tibial :

Lors de cette étape, On va déterminer le point qui servira de référence pour la hauteur de coupe.

Le trait vert représente le niveau le plus bas du côté sain, le trait noir représente le niveau le plus bas du coté usé et le trait rouge représente le niveau de la coupe (Figure 12).

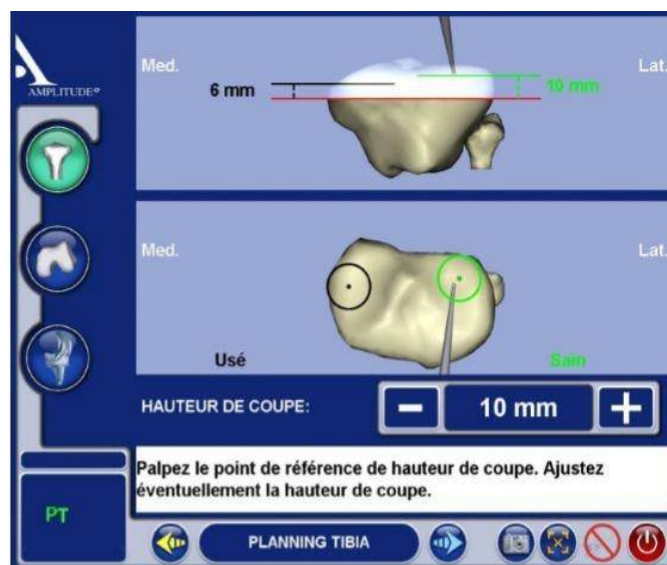


Figure 12 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 1.

Une position et une taille de l'embase tibiale par rapport à la coupe, sont proposées.

La taille calculée du fémur est donnée à titre d'information, et on peut ajuster éventuellement la taille ainsi que la position de l'implant à l'aide des touches de l'écran tactile.



Figure 13 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 2.

Dans la version la plus récente du logiciel, il faut palper le point qui servira de référence pour la hauteur de coupe. Entre ce point et la ligne rouge qui représente le niveau de coupe, il y aura l'épaisseur programmée (Figure 13). Par exemple dans le cas représenté ci-contre, la distance entre le point palpé du côté latéral est à 10 mm de la hauteur de coupe. Pour choisir le point de référence, on peut s'aider de la topographie sur le tibia. Le point 0 en rouge étant le point culminant et en bleu les zones les plus basses (Figure 14).

Sur le bord opposé au côté palpé, il est indiqué la distance entre la coupe tibiale (trait rouge) et le point le plus bas du plateau. Dans l'exemple ci-contre la distance entre la coupe tibiale et le point le plus bas du coté usé (en médial) est de 8 mm

Ainsi l'épaisseur de coupe programmée sera toujours par rapport au point palpé et l'épaisseur réséquée sur le compartiment opposé sera indiquée pour information.

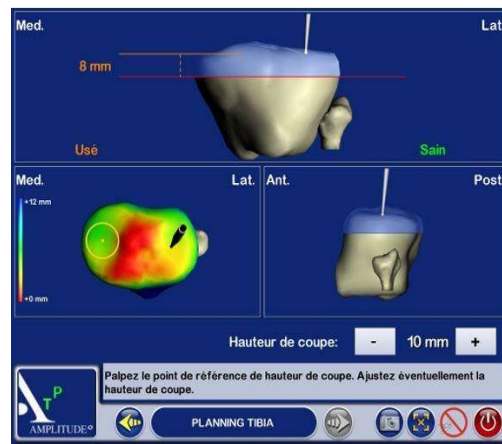


Figure 14 : La détermination du niveau de la coupe tibiale étape 3.

7.4.7. La coupe tibiale :

Dans un premier temps, on place le taraud à l'aide du moteur, dans l'axe du tibia. Son point d'entrée est situé au milieu des épines tibiales (Figure 15).

Le viseur, munis de marqueurs, est fixé sur le taraud. La position du guide de coupe va être numérisée, en plaçant le palpeur/pointeur dans ses trois cônes de calibrage, et en validant. Puis, il va être possible de régler la position du viseur, à l'aide du navigateur, afin de réaliser une coupe optimale.



Figure 15 : La numérisation de la position du taraud.

L'écran représente les différents plans à naviguer, et un code couleur permet d'identifier la partie du viseur à utiliser. La valeur planifiée apparaît en vert sur l'écran.

On effectue la coupe tibiale à l'aide d'une scie oscillante (Figure 16).

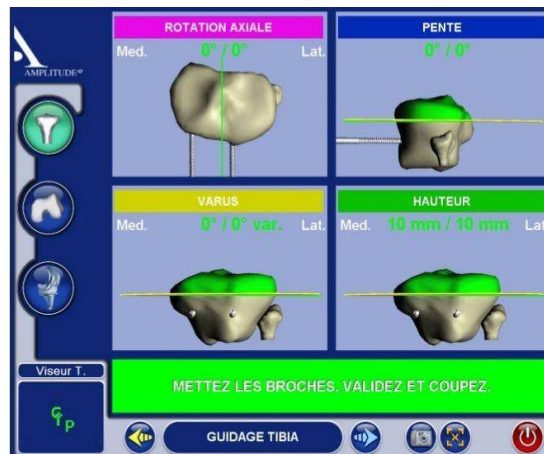


Figure 16 : La coupe tibiale.

Une fois la coupe tibiale réalisée, on peut vérifier et numériser le plan de coupe, en y appliquant une embase tibiale d'essais munie du corps rigide (et donc de marqueurs) (Figure 17).

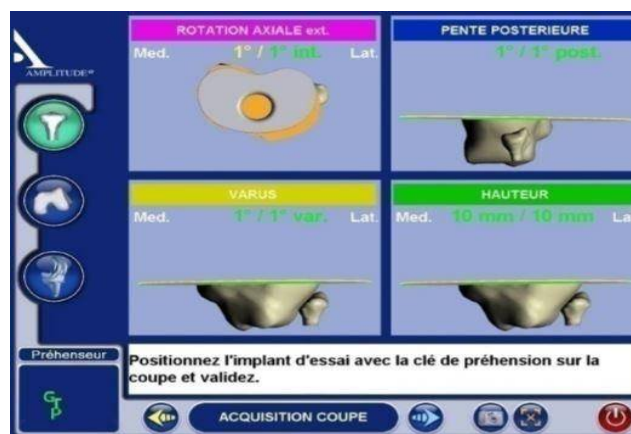


Figure 17 : La vérification et la numérisation du niveau de la coupe tibiale.

Cette étape permet de vérifier la position de la coupe tibiale. On peut, si nécessaire, affiner cette coupe à l'aide de la scie oscillante.

7.4.8. L'équilibrage ligamentaire :

En extension, le Spacer réglable vient combler l'espace entre la coupe tibiale et le fémur non préparé. Le Spacer réglable est pourvu de deux patins mobiles, réglables par vis micrométriques, qui viennent remplir à la demande l'espace du côté souhaité (après ajout éventuel d'une demi cale mobile de 2, 4 ou 6 mm), jusqu'à obtention de l'affichage à l'écran de l'angle HKA voulu (Figure 18). Si besoin, des cales complètes de 2 ou 4 mm peuvent être ajoutées sous le Spacer (côté coupe tibiale).

Une fois l'angle HKA ajusté, on peut tester, visualiser et régler la balance ligamentaire en effectuant un « release » ligamentaire et/ou par une modification du positionnement de l'implant fémoral virtuel à l'aide des touches sur l'écran tactile du navigateur. Les espaces affichés à l'écran, sont ceux entre la coupe tibiale réalisée et la prothèse fémorale virtuelle dont la position est simulée par l'ordinateur.



Figure 18 : L'équilibrage ligamentaire en extension.

L'équilibre en extension terminé, il faut fléchir le genou à 90°. A l'aide du Spacer réglé pour un encombrement équivalent à la hauteur de l'insert pressenti lors de l'étape précédente (valeur lue à l'écran entre la coupe tibiale et l'implant fémoral virtuel, en extension), on peut contrôler les espaces en flexion ainsi que la balance ligamentaire (Figure 19).

On peut également simuler la rotation externe de l'implant fémoral virtuel pour affiner si besoin l'équilibre des espaces. Là encore, les espaces affichés à l'écran, sont ceux entre la coupe tibiale réalisée et la prothèse fémorale virtuelle dont la position est connue par l'ordinateur.



Figure 19 : L'équilibrage ligamentaire en flexion.

7.4.9. La coupe fémorale :

Comme pour le tibia, on commence par mettre en place le taraud muni du viseur, et on calibre sa position grâce au palpeur/pointeur.

Sur la vue en haut à gauche pour le réglage du Varus/Valgus, la coupe osseuse apparaît. Il est donc aisé d'apprécier l'importance de la coupe antérieure par rapport à la corticale antérieure. Il faut placer les broches filetées lorsque toutes les valeurs naviguées correspondent aux valeurs planifiées (Figure 20).

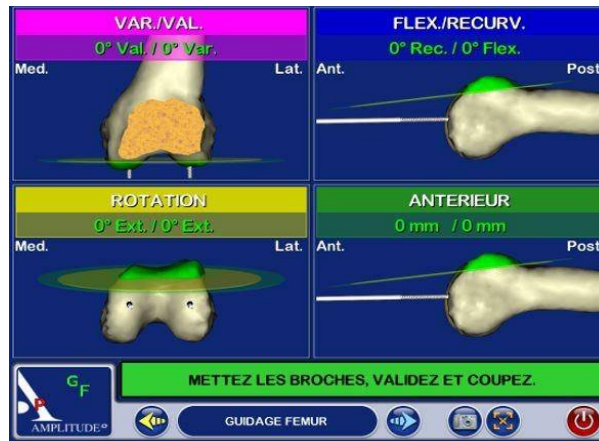


Figure 20 : La coupe fémorale.

7.4.10. Les implants d'essai :

Dans un premier temps, on effectue le centrage du condyle fémoral. Il faut mettre en place le condyle d'essai à l'aide du préhenseur de condyle, puis placer la pointe du palpeur/pointeur dans le cône situé dans la partie antérieure du condyle d'essai. On peut ainsi connaître la distance médio latérale entre la position programmée et la position dans laquelle se trouve le condyle d'essai réel (Figure 21).

Pour réaliser l'acquisition de la position définitive, il faut placer la pointe du palpeur/pointeur dans chacun des 3 cônes (situés au centre de chaque plot, sur la partie antérieure du condyle fémoral) et valider chacune des positions avec la pédale bleue ou la gâchette.

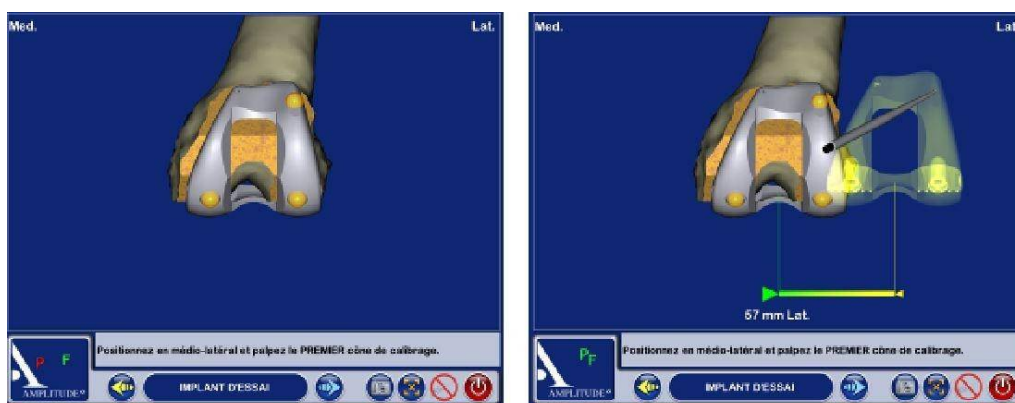


Figure 21 : Mise en place de l'implant d'essai fémoral.

On peut ainsi visualiser à l'écran la position finale de l'implant fémoral d'essai.

L'implant d'essai en gris est superposé à l'implant planifié en vert (Figure 22).

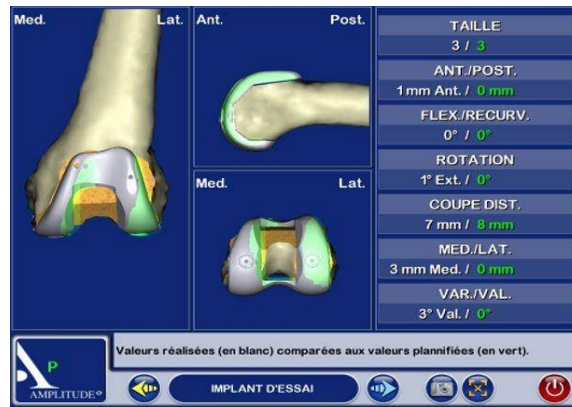


Figure 22 : Vérification de la position de l'implant d'essai fémoral.

La taille et la position finale de l'implant sont affichées en blanc, et la planification en vert.

En ce qui concerne l'embase tibiale d'essai, celle-ci, muni du corps rigide, doit être placée sur la coupe tibiale, et positionnée en médio-latéral et en antéropostérieure, par rapport à la position planifiée (Figure 23). Une fois sa position satisfaisante, elle est fixée à l'aide de clou, et on valide son positionnement en faisant l'acquisition des trois cônes de calibrage à l'aide du palpeur/pointeur.



Figure 23 : Mise en place de l'implant d'essai tibial.

Dès lors, après avoir réalisé la coupe rotulienne, on va pouvoir tester les implants d'essai.

Le genou est mis en extension, permettant ainsi de mesurer l'angle HKA, et de tester les espaces médial et latéral, par des manœuvres de valgus et de varus forcé (Figure 24) et (Figure 25).



Figure 24 : Vérification des implants d'essai en extension.



Figure 25 : Vérification des implants d'essai en flexion.

7.4.11. L'implantation définitive :

Une fois les essais validés, on peut réaliser l'implantation définitive avec ou sans ciment (Figure 26).

La suite de l'intervention (nettoyage abondant, fermeture plan par plan sur drainage aspiratif et pansement) doit se faire de façon habituelle.

En fin d'intervention, il est possible de conserver les données informatiques de la navigation sur une clé USB, en branchant celle-ci au port prévu à cet effet situé sur la face avant du navigateur.

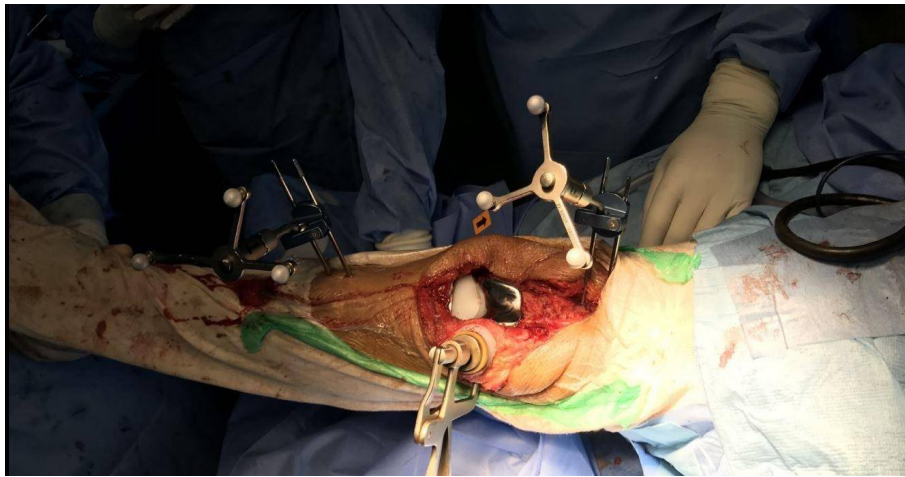


Figure 26 : Implantation définitive et mesure de l'angle HKA peropératoire.

Résultats

1. Etude descriptive

1.1. Données épidémiologiques

1.1.1. Age

L'âge moyen des patients était de 68 ans (min =59 ans max=77 ans). Le pic de fréquence se situait dans la tranche d'âge comprise entre 71 ans et 77 ans (40,5 %) (Figure 27).

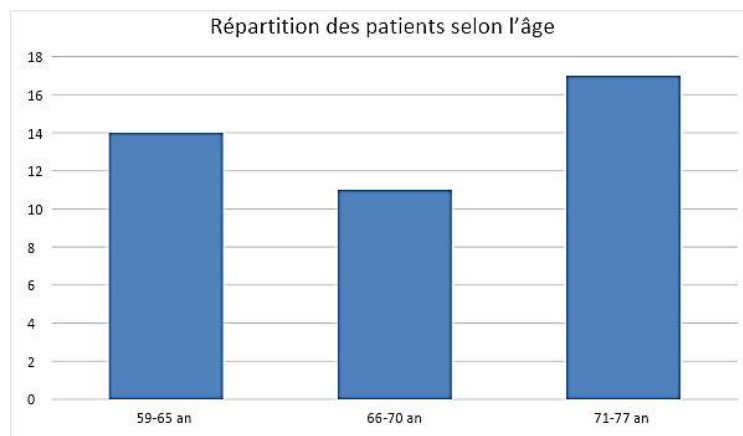


Figure 27 : Répartition des patients selon l'âge

1.1.2. Sexe

Une nette prédominance féminine était notée avec 3 hommes (soit 7,8%) et 35 femmes (soit 92,1%) et un sexe ratio de 11,6 (Figure 28).

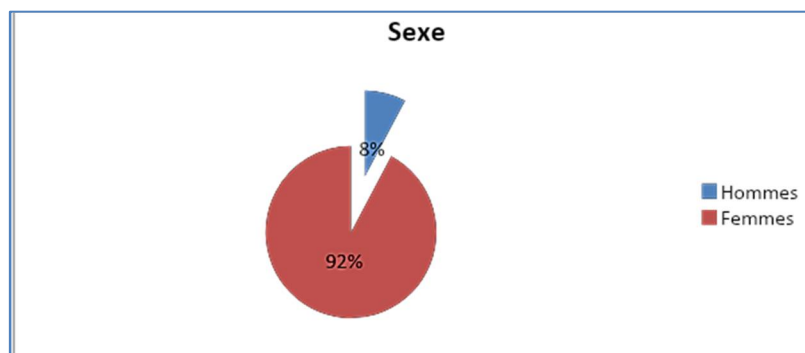


Figure 28 : Répartition des patients selon le sexe

1.1.3. Les antécédents :

Dix-huit patients soit (47,3%) étaient hypertendus et seulement trois (7,8%) étaient diabétiques. Trois cas (7,2%) avaient une polyarthrite rhumatoïde.

Une seule patiente avait une fracture per trochantérienne droite deux ans auparavant et qui a été traitée par ostéosynthèse par vis plaque type Dynamic Hip Screw avec suite opératoire simple.

1.1.4. L'étiologie

Dans notre série, l'étiologie était une arthrose idiopathique dans 39 cas (92,8%), et dans 3 cas (7,2%) secondaire à une arthrite dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde.

1.2. Les données cliniques préopératoires

1.2.1. Le Poids, la taille, l'IMC

Le poids moyen était de 79 kilos, avec un minimum de 61 kilos et un maximum de 103 kilos.

La taille moyenne est de 164,3 centimètres, avec des extrêmes de 152 et 179 centimètres.

L'IMC moyen est de 30,6 (surpoids) avec des extrêmes de 24,2 et 38,5.

1.2.2. Le côté opéré

Le côté opéré était le genou droit dans 24 cas (57,1%), le genou gauche dans 14 cas

(33,3%) (Figure 29). Dans quatre cas (9,5%) les deux genoux ont été opérés à 8 mois d'intervalle.

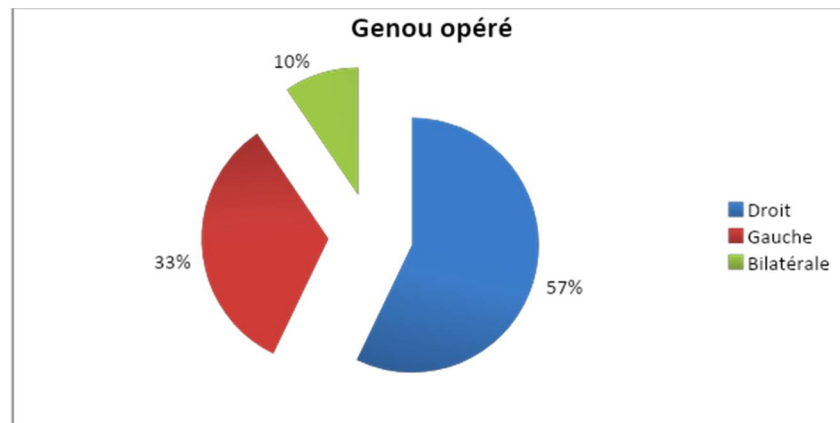


Figure 29 : Répartition des patients en fonction du côté opéré

1.2.3. La mobilité articulaire préopératoire

On a noté la présence d'un flessum dans 19 cas (45,2%) et il était de 10 degré de moyenne (extrême 5 et 20 degré) (Tableau I). Ce flessum était irréductible dans la 80% des cas.

Tableau I : Flessum articulaire préopératoires.

Flessum	0°	5°	10°	15°	20°
Nombre de patients	23	5	6	5	3
Pourcentage	54,8	11,9	14,3	11,9	7,1

1.2.4. Autre atteinte articulaire

Une coxarthrose était présente chez trois patients (7,1% des cas).

1.2.5. Le score IKS préopératoire :

La série compte un score IKS global préopératoire moyen de 61,80 sur 200 (Extrêmes 40 et 100), avec un score douleur moyen préopératoire de 35,5 (Extrêmes 22 et 56) et un score fonction moyen préopératoire de 26,3 (Extrêmes 18 et 44).

1.3. Les données radiologiques préopératoires :

1.3.1. Le type et la valeur de la déformation préopératoire

En préopératoire, tous les patients avaient un genu varum. La valeur moyenne de l'angle HKA préopératoire était de $171,1^\circ$, avec des extrêmes de 165° et 178° .

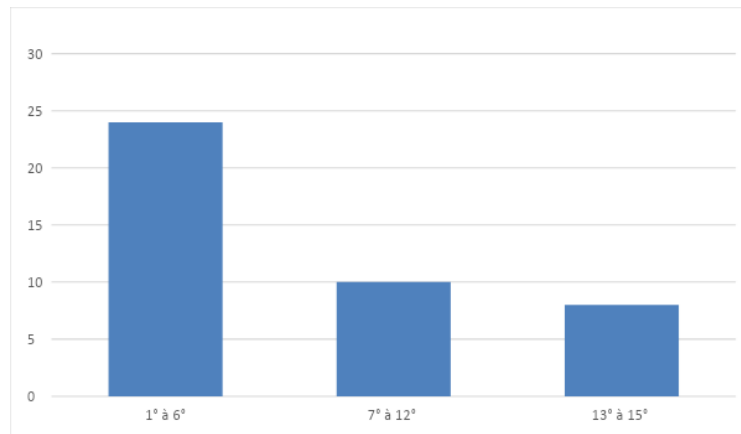


Figure 30 : Répartition des déformations préopératoires

La déformation était répartie comme suit (Figure 30) :

- Entre 1° et 6° (24 cas) (57,1%)
- Entre 7° et 12° (10 cas) (23,8%)
- Entre 13° et 15° (8 cas) (19%)

1.3.2. Le type de l'arthrose

L'atteinte arthrosique du genou peut toucher de un à trois compartiments. Elle était répartie comme suit (Figure 31) :

- 19 cas d'arthrose fémoro-tibiale interne associée à une arthrose fémoro-patellaire.
- 23 cas d'arthrose tricompartmentale.

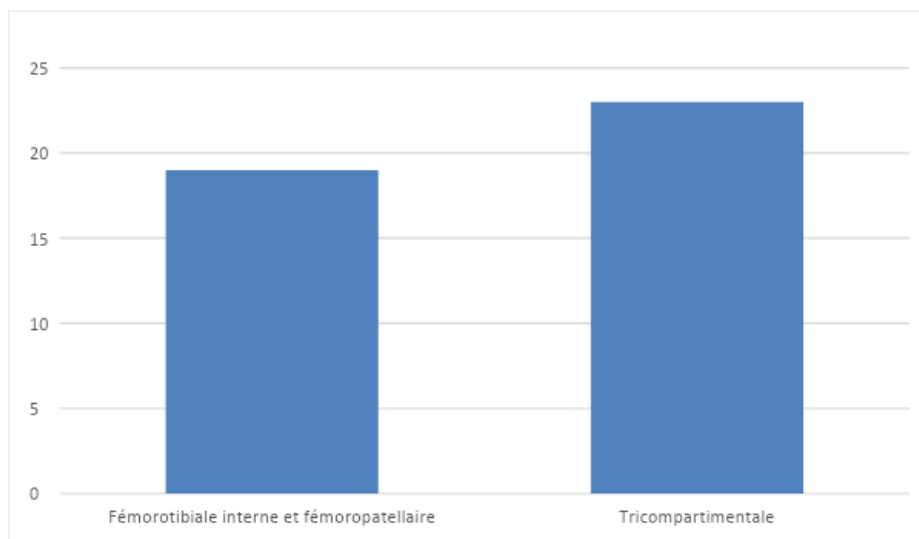


Figure 31 : Répartition des patients selon le type d'arthrose

1.3.3. Le stade de l'arthrose

La classification d'AhLBACK a été utilisée pour caractériser le niveau d'évolution de l'arthrose, en distinguant 4 stades de gravité croissante (stade 1 à 4).

Il a été rapporté dans la série : 27 cas au stade 3 (64,2%) et 15 cas au stade 4 (35,7%) (Figure 32).

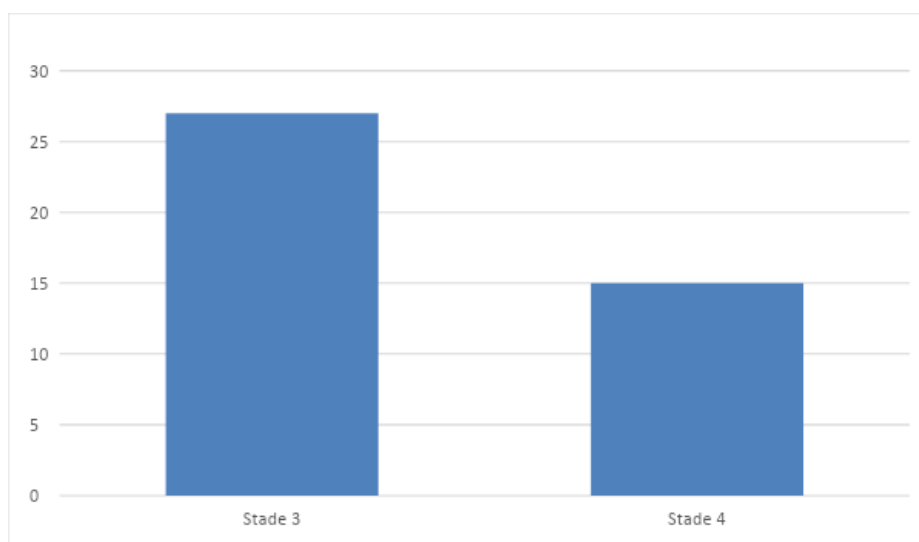


Figure 32 : Répartition des stades d'arthrose selon le score d'AhLBACK

1.3.4. Les angles HKF et HKS en préopératoire

L'angle HKF moyen était de 86,6° avec des extrêmes de 80° et 90°. L'angle HKS moyen était de 8,9° avec des extrêmes de 6° et 10°.

1.3.5. L'angle de Levigne

L'angle de Levigne moyen était de 82,5° avec des extrêmes de 80° et 90°.

1.3.6. La pente tibiale postérieure

La pente tibiale moyenne était de 7,4° avec des extrêmes de 2° et 4°.

1.3.7. La hauteur patellaire

L'indice de Caton moyen était de 1,16 avec des extrêmes de 0,9 et 2,1.

1.4. Les données peropératoires :

Les patients ont eu une rachianesthésie dans 26 cas (61,9%) et une anesthésie générale dans 16 cas (38%).

L'utilisation du garrot pneumatique était systématique, cependant, dans 3 cas, celui-ci a été dégonflé peu après le début de l'intervention, principalement pour cause de phénomène de garrot veineux.

1.4.1. La voie d'abord :

La voie para patellaire interne était utilisée dans tous les cas.

1.4.2. L'acquisition tibiale :

Après luxation du plateau tibial, le nombre de points moyen enregistré lors de l'acquisition était de 354 (extrêmes 250 et 501).

1.4.3. L'acquisition fémorale :

Au niveau du fémur, le nombre de points moyen enregistré lors de l'acquisition était de 443 (extrêmes 211 et 537).

1.4.4. L'angle HKA mesuré par le navigateur avant la réalisation des coupes :

Après résection des ostéophytes, l'angle HKA moyen mesuré par le navigateur était de 175,2° (extrêmes 169 et 178°).

Un flessum de 7° de moyenne était présent dans seulement sept cas (16,6%).

1.4.5. L'équilibre ligamentaire

L'équilibre ligamentaire en extension et en flexion a été effectué à l'aide du navigateur

1.4.6. La configuration de l'implant tibial

- Dans le plan frontal :

Dans 7 cas (16,6%) la vérification après la coupe tibiale a objectivé un varus/valgus. Cette déformation a été corrigée à main levée à partir de 2° et tolérée lorsqu'elle ne dépassait pas 1°.

- Dans le plan sagittal :

On a appliqué une pente tibiale nulle dans les 10 premiers PTG de notre série, puis une pente tibiale moyenne de 3° avec des extrêmes de 0° et 4°.

1.4.7. La rotation de l'implant fémoral

L'équilibrage ligamentaire en flexion a dicté notre choix d'appliquer ou non une rotation externe de l'implant fémorale.

La rotation externe de l'implant fémorale a été de (Figure 33) :

- 0° à 1° dans 37 cas (88%).
- 2° dans 3 cas (7,14%).
- 3° dans 2 cas (4,7%).

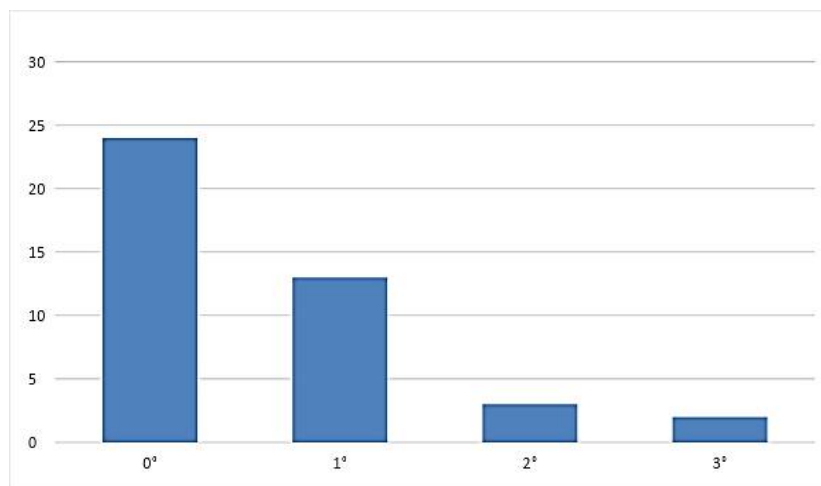


Figure 33 : Répartition selon le degré de la rotation de l'implant fémoral.

1.4.8. Le Notching fémoral

La simulation de la coupe fémorale antérieure objectivée par le navigateur nous a permis d'éviter un Notching fémoral dans 3 cas en appliquant 1° à 2° de flexum à la coupe fémorale.

1.4.9. Le resurfaçage rotulien

Le Resurfaçage rotulien était systématique dans notre série.

1.4.10. Le matériel implanté

Toutes les PTG implantées étaient de type SCORE™, cimenté avec du ciment Simplex™ Tobra™.

Les informations sur les tailles d'implants utilisés étaient recueillies sur les comptes-rendus opératoires.

- Implant tibial :

L'implant le plus utilisé était de taille 4, bien que toutes les tailles aient été posées dans cette série. A noter que la PTG type SCORE™ tolère une taille différente entre la pièce fémorale et la pièce tibiale.

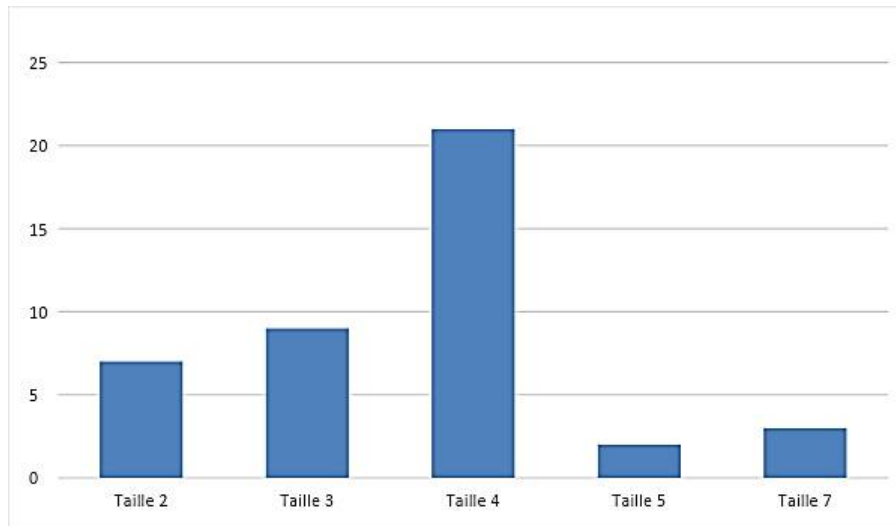


Figure 34 : Répartition selon la taille de l'implant tibial.

- **Implant fémoral :**

L'implant le plus utilisé était de taille 3, bien que toutes les tailles aient été posées dans cette série.

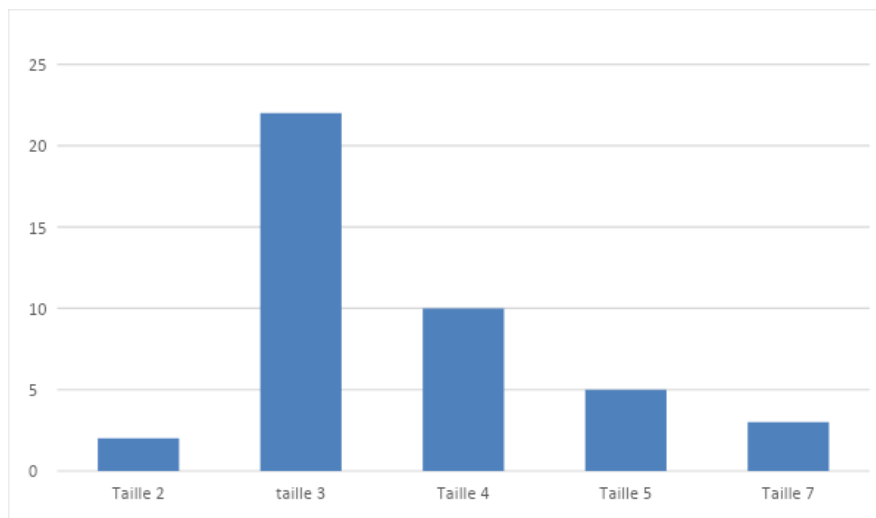


Figure 35 : Répartition selon la taille de l'implant fémoral.

- **Analyse des associations entre implants tibiaux et fémoraux :**

Dans 78,6% des cas (33 arthroplasties), la même taille d'implant fémoral et tibial a été utilisée.

- Implant rotulien :

Toutes les rotules ont été prothésées et systématiquement cimenté. L'implant rotulien le plus utilisé est celui de 30 mm (34 cas soit 81%).

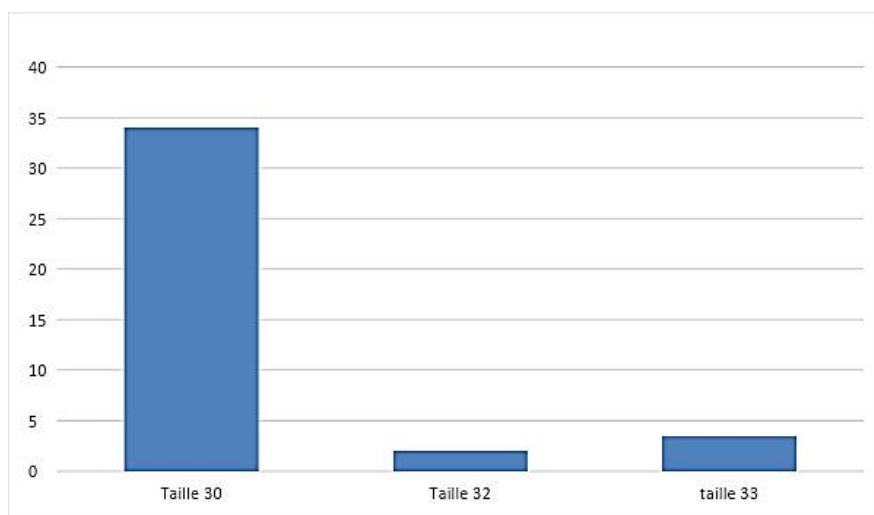


Figure 36 : Répartition selon la taille de l'implant rotulien.

- Insert en polyéthylène :

L'insert de polyéthylène le plus utilisé était d'épaisseur de 10 mm, soit 34 cas (81%).

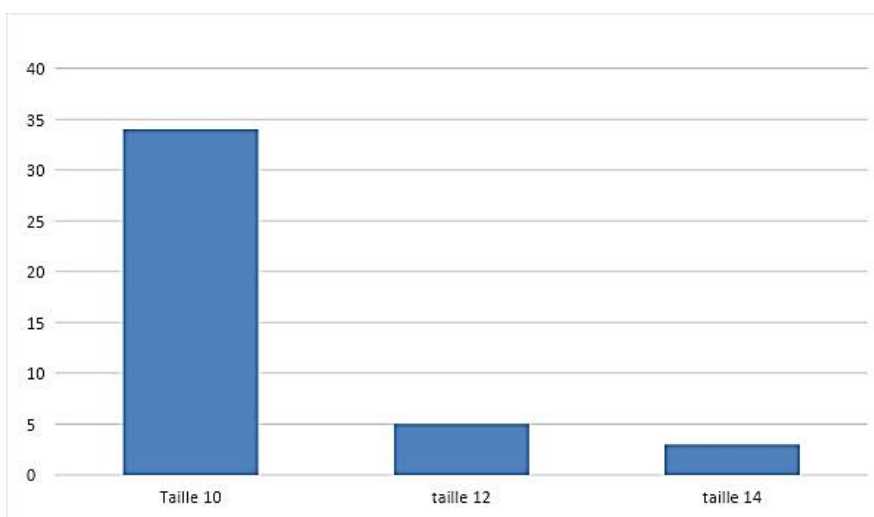


Figure 37 : Répartition selon la taille de l'insert en polyéthylène.

- Cimentage :

La prothèse totale de genou était entièrement cimentée dans 100% des cas.

1.4.11. Complications per-opératoires :

Une lésion accidentelle du Ligament latéral interne (LLI) a été observée dans deux cas (4,7%) et a qui été réparé par suture simple dans tous les cas avec une bonne évolution clinique.

1.4.12. La mesure de l'angle HKA final évalué par le navigateur :

L'angle HKA moyen en fin d'intervention, était de 179,82° (extrêmes 178° et 182°).

1.4.13. La mobilité articulaire finale évaluée par le navigateur

Après la mise des implants définitifs, aucun cas de flessum ou de recurvatum n'a été objectivé par le navigateur.

La flexion moyenne mesurée était de 135° avec des extrêmes de 130° et 140 °.

1.4.14. La Stabilité du genou en fin d'intervention :

A la fin de l'intervention, on s'est assuré de la stabilité des compartiments fémoro-tibiaux et fémoro-patellaires.

1.4.15. La durée de l'intervention

La durée moyenne de l'intervention recueillie sur les dossiers d'anesthésie était de 100 minutes (extrêmes 75 et 124 minutes).

1.4.16. La durée d'hospitalisation

La durée d'hospitalisation moyenne était de 3 jours (Extrêmes 2 et 5 jours).

1.5. Les données cliniques au recul:

1.5.1. Le protocole de suivi des patients

Nos patients sont suivis à vie avec des consultations à six semaines postopératoire, à 3 mois, 6 mois, un an, puis tous les ans. Tous les patients avaient une radiographie du genou opéré de face et de profil et un Pangonogramme lors de la première consultation post opératoire.

1.5.2. Le recul par rapport à l'intervention

Le recul moyen était de 6 ans, avec un minimum de 5 ans et un maximum de 8 ans (Figure 38).

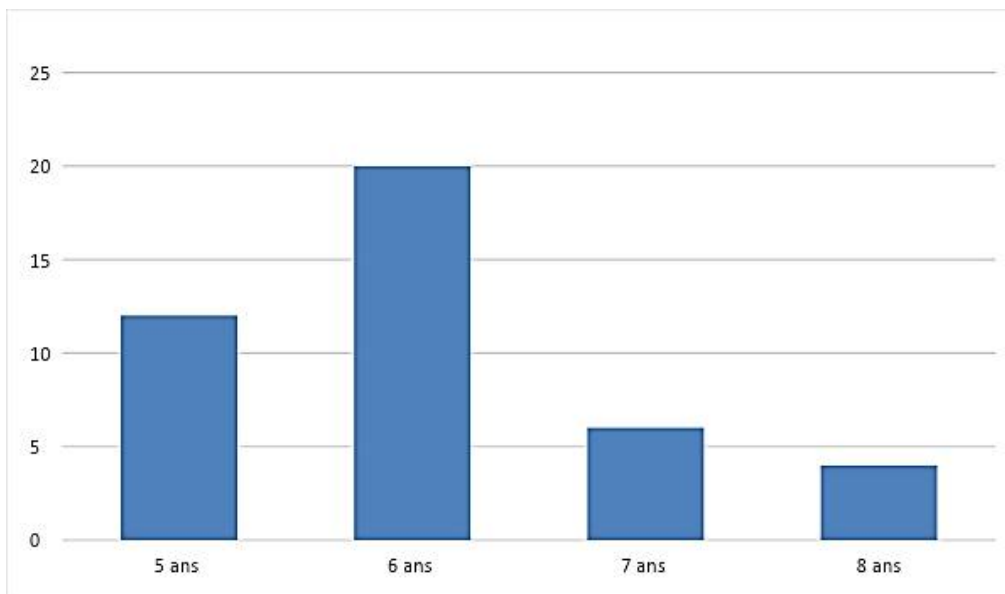


Figure 38 : Répartition des patients selon le recul

1.5.3. Le taux de survie des implants

Au recul moyen de 6 ans, le taux de survie des implants était de 100%.

1.5.4. La rééducation

Dans les deux cas de lésions accidentelle du LLI ou lors d'un cas de distension de celui-ci après résection d'un ostéophyte une attelle amovible du genou a été prescrite autorisant la verticalisation et la mobilité activo-passive a limitée à 90° de flexion.

Tous les patients ont eu une rééducation débutant à J1 postopératoire puis tous les jours avec appui complet.

Un appui avec genouillère amovible a été prescrit chez quatre patients.

Une patiente n'a fait que cinq séances de rééducation pendant le premier mois et chez laquelle on a noté une flexion limitée à 90°.

1.5.5. La mobilité articulaire lors de la dernière consultation

L'extension moyenne était de 0° (extrême 0° et -5°). La flexion moyenne était de 120° (extrême de 90° et 140°).

Une seule patiente avait une flexion à 90° parce qu'elle n'a pas eu une rééducation en postopératoire.

1.5.6. Le score IKS postopératoire

La série compte un score IKS global préopératoire moyen de 61,80 sur 200 (Extrêmes de 40 et 100), avec un score douleur moyen préopératoire de 35,5 (Extrêmes de 22 et 56) et un score fonction moyen préopératoire de 26,3 (extrêmes 18 et 44).

Ce score IKS global moyen passe au recul à 153,11 (extrêmes 129 et 180), avec un score douleur moyen au recul de 84 (extrêmes 75 et 96) et un score fonction moyen au recul de 69 (extrêmes 52 et 98) (Figure 39).

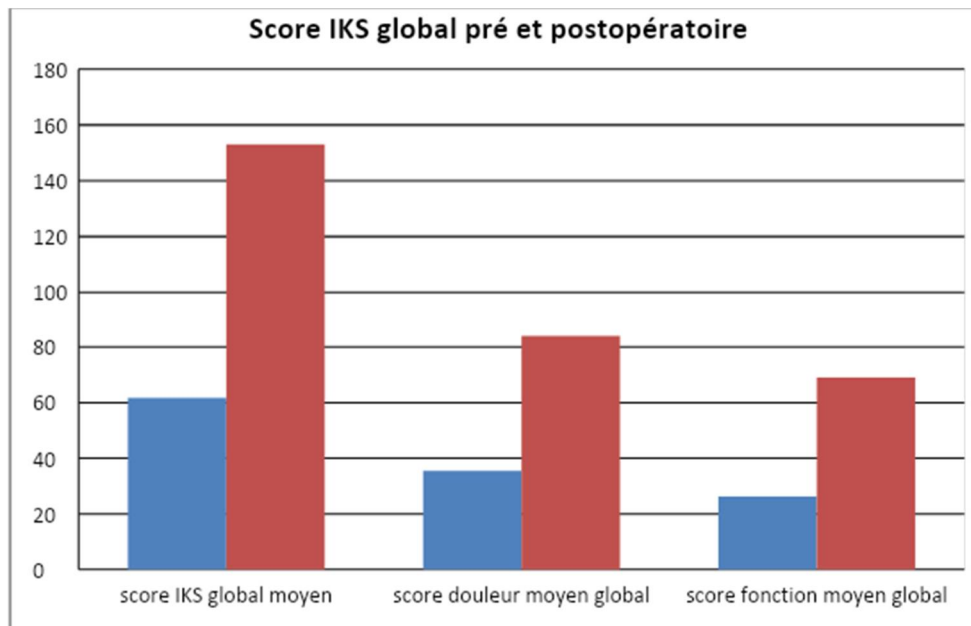


Figure 39 : Score IKS global pré et postopératoire

1.5.7. La satisfaction globale des patients

A la dernière consultation, 22 patients se disent très satisfaits (52,4%), 18 sont satisfaits (42,9%), deux sont moyennement satisfaits (4,8%), et aucun ne se dit déçu (Figure 40).

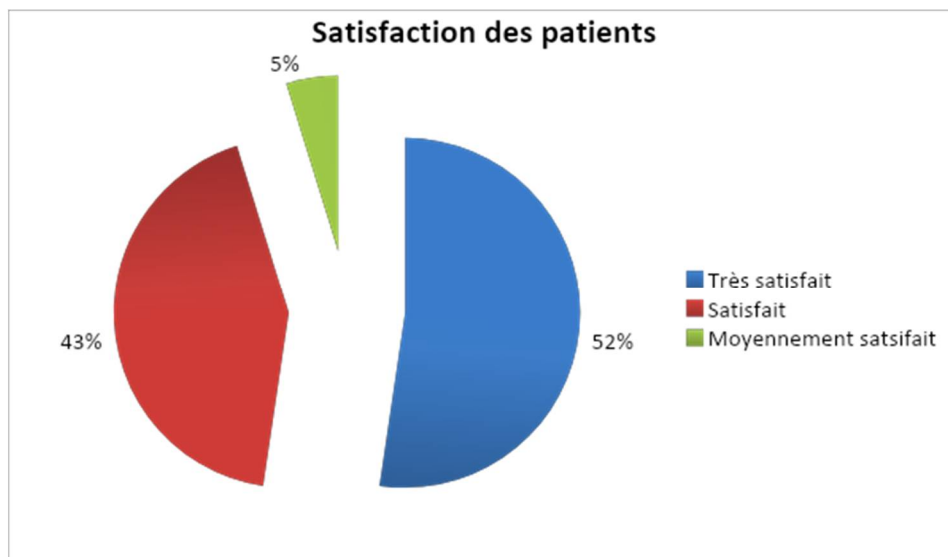


Figure 40 : Satisfaction globale des patients

1.6. Les données radiologiques postopératoires :

La totalité des patients avaient des radiographies du genou opéré de face et de profil ainsi qu'un Pangonogramme lors du suivi postopératoire.

1.6.1. L'angle HKA postopératoire :

L'angle HKA postopératoire moyen était de $179,8^\circ$ (extrêmes 178° et 182°) (Figure 41).

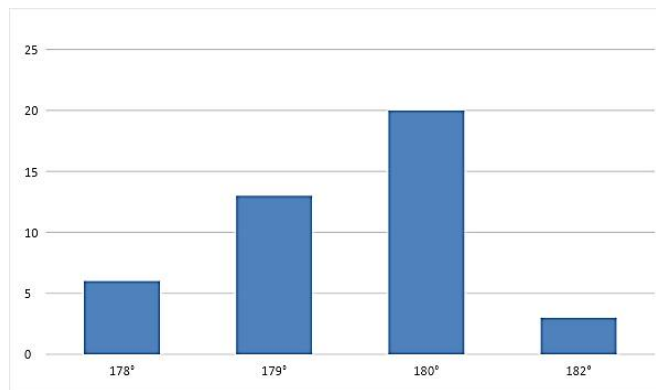


Figure 41 : Répartition selon l'HKA postopératoire.

Dans notre série, 100 % des genoux étaient normoaxés en postopératoire.

1.6.2. L'implant tibial :

- Dans le plan frontal :

L'angulation de l'implant tibial (Angle Beta) est mesurée par rapport à l'axe anatomique du tibia de face :

Nous avons utilisé l'angle bêta qui est l'angle entre la tangente au plateau tibial et l'axe anatomique du tibia (mesuré en médial). Celui-ci doit être égal à 90° , de telle sorte que la tangente au plateau tibial prothétique forme un angle de 90° avec l'axe anatomique du tibia. Si cet angle est supérieur à 90° , l'implant tibial est valgisé, s'il est inférieur à 90° , il est varisé.

L'angle bêta moyen est de 92° (extrêmes 88° et 93°).

- Dans le plan sagittal :

L'angulation de l'implant tibial de profil a été mesuré en utilisant l'angle Delta, qui est l'angle entre la tangente à la corticale postérieure du tibia et l'axe de la coupe tibiale de profil.

L'angle Delta moyen est de 93° (extrêmes 90° et 94°).

1.6.3. L'implant fémoral :

- Dans le plan frontal :

L'angulation de l'implant fémoral dans le plan frontal (Angle Alpha) était évaluée en mesurant l'angle entre la tangente aux condyles fémoraux et l'axe mécanique du fémur, sur le Pangonogramme (en médial).

L'angulation moyenne est de 91° (extrêmes 88 et 93°).

- Dans le plan sagittal :

La position de l'implant fémoral dans le plan sagittal (Angle Gamma) a été évaluée en mesurant l'angle formé entre la droite passant par le bord postérieur du carter fémoral et l'axe anatomique du fémur. Cet angle est en moyenne de 92° (extrêmes 90° et 95°).

1.6.4. L'implant rotulien :

1.6.4.1. La hauteur rotulienne

Dans notre série la hauteur rotulienne moyenne mesurée selon l'indice de Caton était de 1,2 (extrêmes de 1 et 1,5).

1.6.4.2. L'épaisseur rotulienne

La moyenne de la série en préopératoire était de 13 mm, s'étalant de 9 à 20 mm, répartis comme suit :

- Entre 9 et 15mm (n=26)
- Entre 16 et 20 mm (n=16)

1.7. Les complications

1.7.1. Les complications à court terme :

On n'a pas eu de cas de luxation, de sepsis précoce ou de fracture sur trajet des fiches dans notre série

1.7.2. Les complications à moyen terme :

On a noté un cas de retard de cicatrisation sur un orifice de fiche tibiale qui a bien évolué après parage et suture au bloc opératoire.

1.7.3. Les complications à long terme

Au recul moyen de six ans, on n'a pas noté de descellement, de sepsis tardif ou de luxation de la rotule.

2. Etude analytique

2.1. La comparaison entre les scores fonctionnels pré et postopératoires

Une corrélation statistiquement significative ($p < 0,05$) a été notée entre les scores fonctionnels de la série en pré et en postopératoire (Tableau II). Cela signifie que l'arthroplastie totale du genou permet d'améliorer nettement l'état fonctionnel des patients. En effet, le score IKS est plus que doublé en postopératoire.

Tableau II : Corrélation entre les scores IKS total en pré et postopératoire

Variable	Nb	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
IKS préop	42	61,8	15,5	40	100
IKS postop	42	153,1	15	129	180

2.2. La comparaison entre le varus préopératoire et le varus évalué par le navigateur après résection des ostéophytes :

Dans la majorité des cas (39 cas sur 42 soit 92 %), le varus mesuré après résection des ostéophytes était inférieure à celui mesuré sur la télémétrie de 1° à 9°.

Dans 3 cas (7,14%), le varus mesuré par le navigateur était identique à celui mesuré sur le Pangonogramme préopératoire.

En moyenne, la différence entre le varus mesuré par le navigateur et le varus préopératoire était de 4,19° (Tableau III).

Pour réaliser cette comparaison nous avons utilisé le test apparié de Student. La différence est significative (p=0,01).

Tableau III : Comparaison entre le varus préopératoire et le varus évalué par le navigateur après résection des ostéophytes.

Variable	Nb	Moyenne	Minimum	Maximum
Varus préopératoire	42	8,92	2	11
Varus après résection des ostéophytes	42	4,73	2	15

2.3. La comparaison entre le varus évalué par le navigateur en fin d'intervention, et le varus mesuré sur le Pangonogramme postopératoire :

En moyenne, la différence entre le varus évalué par le navigateur en fin d'intervention, et le varus mesuré sur le Pangonogramme postopératoire est de $1,59^{\circ} \pm 1,326$ (extrêmes -1° à 4°).

Dans la majorité des cas (32 cas sur 42, soit 76,1% des cas), le varus du Pangonogramme est supérieure à celui évalué par le navigateur.

Dans 8 cas sur 42 (19%), les deux sont identiques.

Dans 2 cas sur 42 (4,7%), le varus du Pangonogramme est inférieur à celui évalué par le navigateur (Figure 42).

Pour effectuer cette comparaison nous avons utilisé le test apparié de Student. La différence était significative ($p=0,02$)

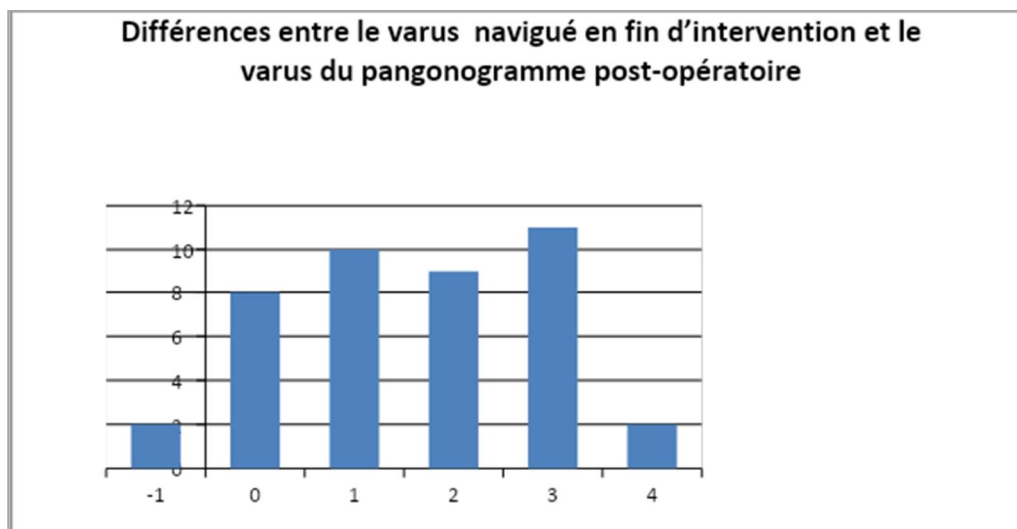


Figure 42 : Différences entre le varus navigué en fin d'intervention et le varus du Pangonogramme post-op

2.4. La comparaison entre l'angle bêta mesuré en postopératoire et l'angle de Levigne préopératoire:

En moyenne la différence entre l'angle bêta postopératoire et l'angle de Levigne est de $6,09^{\circ} \pm 4,96$ (extrêmes de -3° et 14°). La différence est significative ($p=0,01$).

2.5. La corrélation entre l'angle HKA postopératoire et l'IKS post opératoire

Dans notre série, l'angle HKA post opératoire améliore les scores IKS total et fonction de façon non significative. Par contre l'HKA post opératoire améliore significativement l'IKS douleur ($p=0,04$).

2.6. La corrélation entre la pente tibiale évaluée par le navigateur et la flexion postopératoire

Nous avons noté au cours de notre étude que la pente tibiale de 2° ou 3° est un élément permettant d'améliorer flexion du genou de façon non significative ($p=0,6$).

Discussion

1. Généralités

1.1. Autocritique de l'étude :

Les points forts de notre étude sont :

- Il s'agit de la première étude de prothèse totale du genou assistée par ordinateur en Tunisie.
- Le recul moyen de six ans.
- Les points faibles de ce travail :
- Le caractère rétrospectif.
- Le nombre de cas limité à 42 cas.

1.2. La cotation fonctionnelle et les critères d'analyse clinique

La fiche d'évaluation et de suivi clinique a été établie par l'International Knee Society (IKS) [9]. Aucun système de cotation n'est parfait, mais le score IKS reste le score clinique le plus fiable et le plus utilisé dans les études récentes.

L'interprétation du score doit tenir compte de la catégorie du patient, de l'âge et des comorbidités. Ces derniers influencent significativement tous les scores genoux selon une étude menée par Brinker [15].

La douleur représente 50% de la cotation du score genou. Néanmoins, sa mesure est subjective et elle est influencée par des facteurs physiques et psychologiques. Toutes les douleurs doivent être prises en compte. L'IKS comptabilise les douleurs ayant un retentissement fonctionnel ce qui les sous-estime.

Dans notre travail, l'évaluation des résultats s'est basée sur la cotation IKS (annexe II) à laquelle on n'a pas ajouté la manière de faire la prière. L'évaluation de la prière n'a jamais été utilisée dans la littérature. Son association à la cotation fonctionnelle nous paraît nécessaire puisque la gêne à la prière a été un important motif de consultation. Ceci souligne l'utilité d'établir une nouvelle cotation fonctionnelle plus ajustée à notre population [16].

1.3. La définition de l'échec :

La définition de l'échec est source de divergence. En effet, certains auteurs considèrent la reprise par prothèse totale du genou comme critère d'échec objectif, reproductible et comparable. De plus, les critères de reprise ne seraient pas similaires chez tous les auteurs [17].

D'autres définissent l'échec par le degré de satisfaction du patient ou la réapparition de la douleur ou un score IKS globale inférieur à 80/200 points [18].

Pour que notre étude soit comparable avec les différentes séries de la littérature, nous avons considéré comme échec un score IKS < 80 et/ou la reprise avant 10 ans.

2. L'épidémiologie

Tableau IV : Tableau récapitulatif des différentes séries de la littérature

Auteur	Modèle de PTG	Laboratoire	Fixation primaire	Genoux revus	Recul	Taux de survie de la prothèse	
Benko [19]	Score	Amplitude	Amplivision	Ciment	118	9 ans	98%
Schoenahl [20]	Search et emotion		Orthopilot		128	7 ans	95.7%
Kim [17]	CRFlex	Zimmer	Victor Vision	Ciment	176	12 ans	100%
McClelland [21]	Genesis II	Smith and nephew	FreeBrain Lab		42	3 ans	96%
Roberts [22]	Triathlon Knee replacement	Stryker		Ciment	545	3 ans	99%
Saragaglia [23]	Emotion		Orthopilot	Ciment	208	9 ans	98.7%
Akakpo [24]	Score	Amplitude	Amplivision	Ciment	19	3 ans	82%
AlMasri [25]	P.F.C	Zimmer	Sigma	ciment	60	6 ans	83,6%
Denjean [26]	Score	Score	Amplivision	Ciment	209	7 ans	100%
Hsiang [27]	Scorpio NRG	Stryker	Stryker navigation	Ciment	20	4 ans	96%
Miyasaka [28]	PFS Sigma	Depuy Synthes	Vector Vision	Ciment	130	6 ans	97%
Notre série	Score	Amplitude	Amplivision	Ciment	42	6 ans	100%

2.1. L'âge

Dans notre série, la moyenne d'âge lors de l'intervention était de 68 ans avec des extrêmes de 59 et 77 ans et un pic de fréquence entre 71 et 77 ans. Nous avons une moyenne d'âge comparable à celle des séries de la littérature (Tableau V).

Tableau V : Comparaison de l'âge dans notre série à celui dans la littérature.

	Moyenne d'âge (an)	Extrêmes d'âge (an).
Benko et al. [19]	72	45-88
Schoenahl et al. [20]	70,6	61-77
Kim et al. [17]	68	55-84
McClelland et al [21]	68	64-77
Hernigou et al [18]	72	62-83
Saragaglia et al [23]	71	59-82
Al Masri et al [25]	70,5	59-74
Notre série	68	59-77

2.2. Le sexe

Notre série comporte une prédominance féminine nette ; 92% des patients étaient des femmes avec un sexe ratio de 11,6. Cette prédominance féminine est retrouvée dans plusieurs séries de la littérature (Tableau VI).

Tableau VI : Comparaison du sexe dans notre série à celui dans la littérature.

	Femme(%)	Homme(%)	Sex-ratio
Benko et al. [19]	63,5	36,5	1,7
Schoenahl et al. [20]	60,1	39,9	2,5
Kim et al. [17]	83	17	9,15
Miyasaka [28]	85	13	5,66
Notre série	92	8	11,6

2.3. L'indice de masse corporelle

L'I.M.C moyen dans notre série était de 30,6 comparable à celui des séries de la littérature (Tableau VII).

Tableau VII : Comparaison de l'IMC dans notre série à celui dans la littérature.

	Indice de masse corporelle (Kg/m²)
Saragaglia et al. [23]	29,5
Schoenahl et al. [20]	31,4
Kim et al. [17]	27,9
McCelland et al. [21]	31,1
Notre série	30,6

2.4. L'étiologie

Dans notre série, l'étiologie était une arthrose idiopathique dans 92,8%, et dans 7,2% des cas secondaire à une arthrite dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde. L'étiologie de la gonarthrose est comparable à celle de la littérature (Tableau VIII).

Tableau VIII : Comparaison de l'étiologie de la gonarthrose dans notre série à celle dans la littérature.

Etiologie	Arthrose idiopathique	Polyarthrite inflammatoire	Nécrose d'un des condyles fémoraux	Arthrose post-traumatique
Schoenahl [20]	94,5%	3,9%	1,6%	0%
Benko [19]	92,3%	4%	3,7%	0%
Saragaglia [23]	94,2%	0%	1,9%	2,4%
Notre série	92,2%	7,8%	0%	0%

3. La technique chirurgicale

La technique chirurgicale utilisée était strictement identique. Les différents gestes chirurgicaux comme la voie d'abord, les gestes de libération ligamentaire, la séquence des coupes osseuses étaient réalisés sous la direction du chirurgien.

Cette notion est importante car les différents temps opératoires ont été réalisés chez les 38 patients selon les mêmes principes ; ce qui renforce l'homogénéité de la série.

3.1. L'acquisition de l'axe mécanique

Très peu d'études ont mentionné la différence entre l'axe mécanique du membre en préopératoire et celui mesuré par le navigateur après la libération. Benko [19] a trouvé une différence significative semblable à celle de notre série (Tableau IX). Dans la majorité des cas de notre série (39 cas sur 42 soit 92 %), le varus mesuré après libération du genou était inférieure à celui mesuré sur la télémétrie de 1° à 9°.

Tableau IX : Comparaison de l'HKA préopératoire et de l'HKA après résection des ostéophytes dans notre série et dans la littérature.

	HKA moyen préopératoire	HKA moyen après résection des ostéophytes
Benko et al. [19]	171,5	173,8
Notre série	171,1	175,2

3.2. La rotation de l'implant fémoral

La navigation constitue une aide précieuse pour évaluer la rotation donnée à l'implant fémorale qui a une influence directe sur la course patellaire, puisque la navigation patellaire n'est toujours pas disponible quoiqu'en cours de développement [20].

Si dans un genu varum, le fémur est en valgus de 3° ou plus, nous pensons qu'il est logique de mettre de la rotation externe car il faudra réséquer plus de condyle médial distal et par conséquent plus de condyle postérieur si l'on veut que la balance ligamentaire soit équilibrée en flexion [23]. Cette rotation n'a pas besoin d'être naviguée puisque l'ancillaire permet de la donner avec facilité. Si le fémur est en varus, et dans la mesure où le genu varum est hyper réductible, il est également logique de mettre de la rotation interne car on réséquera moins de condyle médial distal donc moins de condyle médial postérieur [23]

Tableau X : Comparaison de la rotation de l'implant fémorale dans notre série à celle dans la littérature.

	Rotation neutre %	Rotation externe %	Rotation interne %
Saragaglia et al [23]	86	3,3	10,5
Almasri et al. [25]	96,4	1,1	2,5
Notre série	88	12	0

Dans notre série, nous nous basons sur l'équilibrage ligamentaire en flexion pour déterminer la rotation de l'implant fémoral.

3.3. La pente tibiale

Saragaglia [23] et d' Akakpo [24] mettent respectivement une pente tibiale moyenne de 2,2° et 4,2°.

Dans notre étude l'implant tibial a été mis avec une pente tibiale moyenne de 3° de (Extrêmes de 0° à 4°) ce qui est comparable avec les séries de la littérature.

3.4. L'importance du varus/valgus :

Karachalios [29] et Stern [30] constatent que la correction des déformations en varus n'est complète que dans 75% des cas. De même, Insall [31] rapporte que, si le varus est exagéré, un varus résiduel de 0 à 10° persiste dans environ 10% des cas.

Dans notre série, nous avons pu réduire la déformation à moins de 5° de varus dans 93,34% des cas

3.5. La durée de l'opération

Dans notre étude la durée moyenne de l'intervention était de 100 minutes (extrêmes de 75 et 124 minutes) ce qui est inférieure à la plupart des études de la littérature (Tableau XI). Ce temps opératoire diminue avec la courbe d'apprentissage.

Tableau XI : Comparaison de la durée moyenne de l'intervention dans notre série à celle dans la littérature.

	Durée moyenne (minutes)
Schoenahl et al. [20]	105
Roberts et al. [22]	91,2
Al Masri et al. [25]	135
Benko et al. [19]	131,7
Notre série	100

Certains auteurs ont critiqué l'avantage de la navigation. Bauwens et al [32] ont rapporté dans une méta-analyse que la navigation apportait peu d'avantages par rapport à la technique conventionnelle. Ils ont constaté que la navigation allongeait le temps opératoire de 23%.

La navigation nécessite aussi de nouveaux instruments et augmente le temps opératoire de 20 minutes en moyenne. D'après Siston [33], l'allongement du temps opératoire exposait d'avantage au risque infectieux.

4. Les résultats cliniques et radiologiques

4.1. Les résultats cliniques

4.1.1. Le recul

Le recul moyen était de 6 ans avec des extrêmes de 5 et 8 ans, ce qui se situe dans les intervalles retrouvés dans la littérature (Tableau XII).

Tableau XII : Comparaison du recul moyen dans notre série à celui dans la littérature.

	Recul moyen (année)	Extrêmes (année)
Schoenahl [20]	7,8	(2- 11)
Kim [17]	12,3	(9 -13)
Saragaglia [23]	8,7	(4 - 14)
Al Masri [25]	7	(2 -10)
Notre série	6	(5 - 8)

Cette étude, certes, ne nous permet pas d'apprécier la survie à long terme de nos prothèses mais d'étudier leurs résultats fonctionnel et radiologique à court et à moyen termes.

4.1.2. Le score IKS

En termes de résultats fonctionnels, les différentes séries rapportent des scores IKS globalement bons mais très variables, allant de 88 pour Schoenahl [20] à 93 sur 100 pour Kim [17] pour le score douleur, et de 69 pour Schoenahl [20] à 96 sur 100 pour Chowdhry [34] pour le score fonction. Nous retrouvons dans notre population des scores de 84 et 96 respectivement pour les scores douleur et fonction, ce qui place notre série parmi les meilleures de la littérature (Tableau XIII).

Le principal problème à la comparaison de nos résultats avec ceux de la plupart des publications est en rapport avec la diversité des modes d'évaluation et à la subjectivité de l'appréciation de certains critères cliniques comme la douleur par exemple.

Les anciennes publications [25, 28,19] utilisaient le score HSS. La plupart des publications récentes utilisent le score de la Knee Society.

Nous obtenons des résultats tout à fait satisfaisants en ce qui concerne le score IKS global avec un total moyen de 153,11 points et une évolution moyenne de 91,3 points par rapport au score préopératoire.

L'analyse statistique a mis en évidence une amélioration du score douleur plus importante que celle du score de fonction, et ce de façon hautement significative ($P=0,001$) : une amélioration de 48,5 points pour le score douleur, et de 42,7 points pour le score fonction.

Tableau XIII : Comparaison des scores IKS dans notre série à ceux dans la littérature.

	Score IKS douleur postopératoire moyen	Score IKS fonction moyen	postopératoire
Schoenahl [20]	88,6		69,9
Kim [17]	93		75
Saragaglia [23]	93,5		86,5
Denjean [26]	92		82
Hernigou [18]	80		79
Notre série	84		69

Il y a des résultats contradictoires pour l'arthroplastie assistée par ordinateur dans la littérature. Une étude a suggéré que l'arthroplastie du genou assistée par ordinateur fournissait une meilleure fonction du genou et une meilleure qualité de vie que celle obtenue avec l'arthroplastie totale conventionnelle du genou [35]. En revanche, d'autres études ont montré que la fonction du genou et la qualité de vie n'étaient pas différentes entre les genoux avec ou sans navigation [17,36]. De plus, l'étude de Kim [17] avec un suivi de 11 ans, a constaté que la fonction clinique et la satisfaction des patients étaient similaires entre les deux groupes. Les résultats cette étude suggèrent qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les groupes lors du suivi à long terme en ce qui concerne les scores de genou et fonction de la Knee Society, les scores WOMAC et la satisfaction des patients.

4.1.3. La mobilité articulaire au recul

Dans notre étude, la flexion postopératoire a été 120° de moyenne ce qui est équivalent à celle de la littérature (Tableau XIV).

Ces résultats sont confirmés par les études de Williot [37] et al, et Miyasaka [28].

Tableau XIV : Comparaison de la mobilité articulaire moyenne dans notre série à celle dans la littérature.

Les auteurs	Mobilité moyenne postopératoire
Schoenahl [20]	116,2°
Kim [17]	129°
Saragaglia [23]	116°
Akakpo [24]	105°
Denjean [26]	116,4°
Notre série	120°

Dans une étude de 100 prothèses totales de genou sur genu varum réalisée par Williot [37], il a été admis que l'amplitude de flexion préopératoire influence le résultat sur la mobilité, les autres facteurs pouvant être la sévérité et le type d'arthropathie en cause, la conservation ou non du LCP, le dessin de la prothèse et son encombrement, les coupes osseuses et surtout celle de la pente tibiale postérieure.

Dans notre série, il existe une relation statistiquement non significative (P=0,605) entre la pente tibiale et la flexion postopératoire.

4.1.4. La satisfaction des patients

Il existe une relation statistiquement significative entre l'indice de satisfaction et les scores fonctionnels postopératoires. Williot [37] a trouvé dans sa série un taux de patients très satisfaits et satisfaits de 87%, sachant que 95% de ces patients ont des scores fonctionnels élevés.

Cet avis des patients reflète tout à fait la réalité de leurs résultats cliniques objectifs, ce qui conforte à penser que la satisfaction reste un bon critère d'évaluation des résultats.

Dans notre série, 95,3% des patients sont satisfaits ou très satisfaits ce qui rejoint les résultats de Kim [17] et de Denjean [26] qui sont respectivement de 94% et 95%.

4.2. Les résultats radiologiques

4.2.1. Les critères d'analyse radiographique

L'appréciation des résultats repose sur l'analyse d'une série de clichés radiographiques du genou opéré : face, profil, défilé fémoro-patellaire, télémétrique, réalisés idéalement dans des conditions optimales et reproductibles.

Cependant, malgré les efforts de standardisation dans la réalisation des clichés, il est évident qu'il n'existe pas d'homogénéité parfaite des différentes incidences radiographiques, à l'origine d'un biais de mesure certain.

De plus, ce biais se retrouve dans la lecture des différents clichés. En effet, même si les mesures d'angles ont été effectuées par un seul et même lecteur, il persiste une certaine part de subjectivité compte tenu de l'absence de mesure informatisée

Haaker et *al.*[38] ont évalué les résultats en considérant les 5 critères de bonne implantation d'une prothèse (angle HKA, angle mécanique fémoral de face et de profil, angle mécanique tibial de face et de profil).

Dans cette étude cas-témoins, ils, ont démontré une meilleure implantation dans la série CAO que dans la série conventionnelle : 79 % versus 28. Deux études prospectives randomisées [39,40] font état également de la supériorité de la navigation par rapport à la chirurgie conventionnelle.

Jenny et *al* [41], dans une étude cas-témoin multicentrique de 470 cas (235 cas versus 235) ont montré qu'il y avait 92 % de PTG avec un angle HKA à 180° dans la série CAO contre 72 % dans la série conventionnelle.

Dans notre étude, l'évaluation radiographique a été réalisée selon les recommandations de la Knee Society, exposées par Ewald [42] en 1989. Toutes les mesures du suivi ont été réalisées par un observateur indépendant, avec la même méthodologie. Ces mesures ont été effectuées à main levée, directement sur les films radiographiques.

4.2.2. L'angle HKA postopératoire

Notre taux de réaxation correcte, pour des valeurs d'HKA comprises entre 177° et 182°, est de 100% ce qui est meilleure que les résultats de la plupart des séries (Tableau XV).

Tableau XV : Comparaison du taux de réaxation dans notre série à celui dans la littérature.

	Taux de réaxation correcte en postopératoire
Kim [17]	76%
Akakpo [24]	86%
Miyasaka [28]	96%
Notre série	100%

4.2.3. La configuration de l'implant fémoral

Dans notre série, l'angle Alpha mesuré entre la tangente aux condyles fémoraux et l'axe mécanique du fémur, sur le Pangonogramme (en médial) était de 91° de moyenne avec des extrêmes de 88° à 93°.

La position de l'implant fémoral dans le plan sagittal (Angle Gamma) a été évaluée en mesurant l'angle formé entre la droite passant par le bord postérieur du carter fémoral et l'axe anatomique du fémur. Cet angle est en moyenne de 92° (extrêmes de 90° et 95°).

Ces résultats sont concordants avec ceux de la littérature (Tableau XVI).

Tableau XVI : Comparaison de la configuration de l'implant fémoral dans notre série à celle dans la littérature.

	Angle Alpha moyen	Angle Sigma moyen
Kim [17]	97,1	92,5
Akakpo [24]	94,9	91
Saragaglia [23]	90,3	93
Hernigou [18]	92	91
Notre série	91	92

4.2.4. La configuration de l'implant tibial

Dans notre série l'angle bêta moyen était de 92° (extrêmes de 88° et 93°).

Dans le plan sagittal, l'angulation de l'implant tibial de profil a été mesuré en utilisant l'angle Delta (critère de la Knee Society), qui est l'angle entre la tangente à la corticale postérieure du tibia et l'axe de la coupe tibiale de profil.

Il est habituellement admis qu'il faut essayer de reproduire la pente tibiale postérieure naturelle qui est de 5° en moyenne selon Lerat [43].

Une pente trop importante peut induire des mouvements de recul condylien avec risque d'usure prématurée du polyéthylène, et au-delà de 10° un risque de subluxation postérieure du fémur. A l'inverse une pente négative peut influencer péjorativement la flexion postopératoire. Une étude géométrique théorique faite par Lerat [43] modélisée sur la relation entre la pente tibiale postérieure et la flexion montre clairement et significativement que l'inversion de cette pente aboutit à une diminution de la mobilité du genou. Nous avons noté au cours de notre étude que la pente tibiale est un élément permettant d'accroître la mobilité postopératoire ($p=0,014$)

L'angle Delta moyen est de 93° (extrêmes de 90° et 94°) ce qui comparable à la littérature (Tableau XVII).

Tableau XVII : Comparaison de la configuration de l'implant tibial dans notre série à celle dans la littérature.

	Angle Beta moyen	Angle Delta moyen
Kim [17]	89,1	95,7
Akakpo [24]	88,3	91
Saragaglia [23]	89	91,2
Hernigou [18]	90	93
Notre série	92	93

4.2.5. La hauteur et l'épaisseur de la rotule

Dans notre série, la hauteur rotulienne selon l'index de Caton-Deschamps a été de 1,2 en moyenne et son épaisseur moyenne en postopératoire a été de 13 mm. Ces résultats rejoignent ceux de la littérature [19,20].

La navigation a l'avantage de restaurer l'interligne articulaire à la même hauteur ce qui permet d'avoir une hauteur rotulienne correcte.

En conclusion, notre étude prospective de 42 arthroplasties totales du genou assistées par ordinateur confirme la valeur de la chirurgie assistée par ordinateur, notamment en terme de précision de coupe osseuse et d'un équilibre ligamentaire optimal, garantissant un positionnement satisfaisant des composants prothétiques en respectant les 5 critères de bonne implantation d'une prothèse qui sont l'angle HKA, angle mécanique fémoral de face et de profil et angle mécanique tibial de face . Cet avantage est néanmoins minimisé par des erreurs de positionnement commises lors de l'implantation de la prothèse finale, notamment au niveau du tibia. Une implantation plus rigoureuse du composant tibial final devrait être de mise, en dégageant les plateaux tibiaux de tout tissu mou pouvant se trouver entre l'os et l'implant et en empêchant tout conflit entre la quille tibiale et la corticale, et même en utilisant des implants sans ciment [44]

4.3. Les complications

4.3.1. Les complications per-opératoires

Une lésion accidentelle du Ligament latéral interne a été observée dans deux cas (4,7%) lors des premiers PTG de la série et a été réparé par suture simple. Insall [18] rapporte que cet incident est le plus souvent bénin et que les lésions partielles du LLI sont présentes dans environ 5% des cas sans avoir de répercussion sur le résultat final.

Certain auteurs comme Schoenahl [20], Saragaglia [23] et Denjean [26] ont décrit des fractures sur fiches lorsque ces dernières sont tangentes à la corticale.

4.3.2. Les complications postopératoires à moyen terme

On a noté un cas de retard de cicatrisation sur un orifice d'une fiche tibiale qui a bien évolué après parage et suture au bloc opératoire.

Dans la série Benko [19], il avait deux cas de sepsis et un cas de retard de cicatrisation de l'orifice de la fiche tibiale.

5. Les difficultés techniques de la navigation

5.1. Les erreurs possibles au cours de la navigation

Les fiches des marqueurs doivent être bicorticales car toute mobilisation intempestive des trackers au cours de l'intervention conduit inéluctablement à une acquisition et un Bone Morphing erronés. Par ailleurs, il faut palper les différents points pour avoir un Bone Morphing précis et réséquer tous les ostéophytes pour éviter que les implants ne soient surdimensionnés.

Il est utile de vérifier les coupes osseuses car les guides de coupes ne sont pas infaillibles, de même que la lame de scie qui peut dévier sur un os scléreux.

Certain auteurs ont rapporté la chute des capteurs et l'obstruction à la détection ce qui nécessite un champ libre entre le navigateur et les capteurs [19,20].

Enfin, il faut relativiser toutes les étapes de la palpation (axe bi-épicondylien par exemple) car celles-ci sont opérateur-dépendantes et peu reproductibles d'un opérateur à l'autre, voire même, pour le même opérateur.

5.2. Le coût de la navigation

Le coût impliquant la navigation dans la l'arthroplastie totale du genou est significatif. La navigation comporte des étapes supplémentaires, qui prennent du temps et de la main-d'œuvre. Les machines et les capteurs à usage unique sont coûteux et le coût des logiciels dans chaque système peut être exorbitant.

À l'exception de l'étude réalisée par Dong et Buxton [45] en 2006 en appliquant un modèle de Markov, il n'y a pas de publications concernant la rentabilité de la CAO en comparaison la chirurgie conventionnelle.

Dong et Buxton [45] ont conclu que la navigation est une technologie rentable à long terme et qu'elle peut offrir des années de survie supplémentaire à la prothèse. Ils prédisent également que la navigation peut réduire les taux de révision et les complications grâce à un alignement plus précis.

Selon Brophy [46], en raison d'une corrélation non prouvée entre l'amélioration de l'alignement postopératoire et les bénéfices cliniques à long terme, en particulier dans l'amplitude articulaire observée avec la navigation par rapport à la technique conventionnelle, la rentabilité de l'appareil ne peut pas être calculée.

6. L'intérêt de la navigation dans l'apprentissage

La plupart des jeunes chirurgiens sont impressionnés par la navigation car ils peuvent directement contrôler la conséquence des différents gestes de façon objective avec des valeurs et des angles précis.

De plus, la navigation peut être utilisée dans les laboratoires d'enseignement et les salles d'opération comme outils de formation pour les chirurgiens moins expérimentés et peut constituer un précieux outil de recherche [33] car elle permet de (Tableau XVII) :

- mieux maîtriser les éléments de la biomécanique du genou en peropératoire surtout l'angle HKA et la réductibilité de la déformation.
- éviter le mauvais positionnement des implants
- reconnaître les erreurs de pose et de coupe

- savoir s'adapter aux différentes difficultés et de les gérer par les différents paramètres.
- critiquer les ancillaires conventionnels
- pousser l'opérateur à l'intégrer dans sa courbe d'apprentissage vu la précision des coupes osseuses qu'elle offre.

Enfin, il existe une perception commune que la C.A.O est techniquement exigeante et consommatrice de temps avec une longue courbe d'apprentissage. Une étude comparative faite par Smith et al [47] a démontré que ce n'est pas le cas. En effet, un chirurgien sans expérience préalable de PTG informatisée pouvait obtenir des résultats équivalents à ceux d'un expert.

Tableau XVIII : Tableau récapitulatif des avantages et des inconvénients de la navigation dans l'arthroplastie totale du genou.

Avantages de la navigation	Désavantages de la navigation
<ul style="list-style-type: none"> - Axe mécanique du membre mesuré par le navigateur plus fiable que la radio télémétrique. - Apprécier le degré de réductibilité des différentes déformations du genou. - Permet une meilleure précision des coupes osseuses. - Evite le Notching. - Equilibrage ligamentaire plus précis. - Défini la pente tibiale postérieure au degré près. - Constitue un excellent élément d'apprentissage et de recherche. 	<ul style="list-style-type: none"> - Technique plus couteuse. - Nécessité de bien luxer le plateau tibial pour pouvoir réaliser une acquisition correcte. - Augmentation de la durée de l'opération - Nécessite une courbe d'apprentissage. - Possibilité de problèmes techniques (chute des capteurs, obstruction à la détection ...).

Conclusion

L'arthroplastie totale du genou est considérée actuellement comme l'alternative thérapeutique de choix dans la prise en charge des gonarthroses.

Toutefois, le positionnement des implants dépend d'ancillaires qui présentent certaines limites et imprécisions. Pour ces raisons, sont apparus les systèmes de navigation dont le but est de permettre une pose plus précise et reproductible des implants, garantissant une meilleure longévité de la prothèse.

Nous avons réalisé une étude rétrospective menée à l'Institut Mutualiste Montsouris, s'étalant sur une période de 4 ans, allant de janvier 2009 à Décembre 2012 et portant sur 38 patients (42 genoux). L'étiologie était une arthrose idiopathique dans 92,8%, et dans 7,2% des cas secondaire à une arthrite dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde (stades 3 ou 4 selon la classification d' AHLBACK) et avaient bénéficié d'une arthroplastie totale du genou assistée par ordinateur.

L'objectif de notre travail était d'évaluer, sur les plans clinique (scores IKS) et radiographique (angles HKA, ALPHA, BETA, GAMMA, DELTA), les résultats de l'arthroplastie totale du genou naviguée dans la prise en charge des gonarthroses, ses limites et ses complications.

La population était composée d'adultes d'âge moyen de 68 ans, avec une nette prédominance féminine (sexe ratio=11). L'IMC moyen était de 30,6. La valeur moyenne de la déformation préopératoire était de 171°.

En terme de résultats fonctionnels, on a noté une nette amélioration du score IKS total : 61,8 en préopératoire contre 153,11 en postopératoire. Et au recul moyen de six ans, la grande majorité des patients ayant bénéficié de cette arthroplastie se disent satisfaits ou très satisfaits (95,3%).

Le taux de survie des prothèses était de 100% après 6 ans de recul moyen.

Le nombre total de complications est resté faible : un cas de retard de cicatrisation d'un orifice d'une fiche tibiale.

Les résultats radiographiques étaient également satisfaisants avec un angle HKA postopératoire de 179,8°, un angle Alpha moyen de 91°, un angle Gamma moyen de 92°, un angle Beta moyen de 92° et un angle delta moyen de 93°. La hauteur rotulienne postopératoire moyenne était de 1,2 et son épaisseur postopératoire était de 13 millimètres.

Dans notre série, une différence statistiquement significative a été trouvée entre les scores fonctionnels pré et postopératoires ce qui démontre l'amélioration de l'état fonctionnel des patients après l'arthroplastie. D'autre part, une corrélation non significative a été démontrée entre la pente tibiale appliquée en peropératoire et la flexion postopératoire

On a aussi démontré de que le varus mesuré après résection des ostéophytes était significativement inférieur à celui mesuré en préopératoire.

Toutefois, des études complémentaires avec des séries plus conséquentes et un recul plus important permettront de sélectionner les cas où le bénéfice de la navigation serait indiscutable.

En conclusion, notre étude a permis de confirmer les données de la littérature concernant les résultats de l'arthroplastie totale du genou assistée par ordinateur, et d'étayer les avantages et les inconvénients de cette technique.

Résumés

Résumé:

Titre : ARTHROPLASTIE TOTALE DU GENOU ASSISTÉE PAR ORDINATEUR :
À PROPOS DE 42 CAS

Auteur : LAZREK OMAR

Mots clés : Arthrose-Arthroplastie totale du genou- Navigation

Introduction : L'objectif de ce travail était d'évaluer sur les plans clinique (scores IKS), et radiographique (angles HKA alpha, beta, gamma, delta) les résultats de l'arthroplastie totale du genou assistée par ordinateur dans la prise en charge des gonarthroses, l'influence de certains facteurs sur les résultats, la survie de l'implant, ses limites et ses complications.

Méthodes : Nous avons réalisé une étude rétrospective menée à l'Institut Mutualiste Montsouris s'étalant sur une période de 4 ans, et portant sur 38 patients (42 genoux).

Résultats : La population était composée d'adultes d'âge moyen de 68 ans, avec une nette prédominance féminine (sex ratio=11). L'IMC moyen était de 30,6. La valeur moyenne de la déformation préopératoire était de 171°. En terme de résultats fonctionnels, on a noté une nette amélioration du score IKS total: 61,8 en préopératoire contre 153,11 en postopératoire. Et au recul moyen de six ans, la grande majorité des patients ayant bénéficié de cette arthroplastie se disent satisfaits ou très satisfaits (95,3%). Le taux de survie des prothèses était de 100% après 6 ans de recul moyen. Le nombre total de complications est resté faible. Les résultats radiographiques étaient également satisfaisants avec un angle HKA postopératoire de 179,8°, un angle Alpha moyen de 91°, un angle Gamma moyen de 92°, un angle Beta moyen de 92° et un angle delta moyen de 93°. La hauteur rotulienne postopératoire moyenne était de 1,2 et son épaisseur postopératoire était de 13 millimètres.

Conclusion : Notre étude a permis de confirmer les données de la littérature concernant les résultats de l'arthroplastie totale du genou assistée par ordinateur, et d'étayer les avantages et les inconvénients de cette technique.

ABSTRACT:

Title: COMPUTER-ASSISTED TOTAL KNEE ARTHROPLASTY: ABOUT 42 CASES

Author: LAZREK OMAR

Key words: Osteoarthritis-Total knee arthroplasty- Navigation

Introduction: The objective of this work was to evaluate clinically (IKS scores) and radiographically (HKA angles alpha, beta, gamma, delta) the results of computer-assisted total knee arthroplasty in the management of load of gonarthroses, the influence of certain factors on the results, the survival of the implant, its limits and its complications.

Materials and methods: We conducted a retrospective study conducted at the Institut Mutualiste Montsouris spread over a period of 4 years, and involving 38 patients (42 knees).

Results: The population was made up of adults with an average age of 68 years, with a clear female predominance (sex ratio=11). The average BMI was 30.6. The average value of the preoperative deformation was 171°. In terms of functional results, there was a marked improvement in the total IKS score: 61.8 preoperatively versus 153.11 postoperatively. And at the average follow-up of six years, the vast majority of patients who have benefited from this arthroplasty say they are satisfied or very satisfied (95.3%). The survival rate of the prostheses was 100% after 6 years of mean follow-up. The total number of complications remained low. The radiographic results were also satisfactory with a postoperative HKA angle of 179.8°, an average Alpha angle of 91°, an average Gamma angle of 92°, an average Beta angle of 92° and an average delta angle of 93°. The average postoperative patellar height was 1.2 and its postoperative thickness was 13 millimeters.

Conclusion: Our study confirmed the data in the literature concerning the results of computer-assisted total knee replacement surgery, and supported the advantages and disadvantages of this technique.

المخلص

العنوان: تقويم مفصل الركبة بالكامل بمساعدة الحاسوب: حوالي 42 حالة

المؤلف: الازرق عمر

الكلمات المفتاحية: هشاشة العظام -تقويم مفاصل الركبة بالكامل -الملاحة

مقدمة: الهدف من هذا العمل هو التقييم السريري (درجات IKS) والتصوير الشعاعي (زوايا HKAA، ألفا، بيتا، جاما، دلتا) نتائج تقويم مفصل الركبة الكلي بمساعدة الكمبيوتر في إدارة حمل مفصل الركبة، وتأثير بعض العوامل على النتائج وبقاء الغرسة وحدودها ومضاعفاتها.

الطريقة: أجرينا دراسة بأثر رجعي في معهد Mutualiste Montsouris امتدت على مدى 4 سنوات، وشملت 38 مريضاً (42 ركبة).

النتائج : كان السكان مكونين من البالغين بمتوسط عمر 68 سنة، مع غلبة واضحة للإناث (نسبة الجنس=11) كان متوسط مؤشر كتلة الجسم 30.60. كان متوسط قيمة التشوه قبل الجراحة 171 درجة من حيث النتائج الوظيفية، كان هناك تحسن ملحوظ في مجموع نقاط IKS: 61.8 قبل الجراحة مقابل 153.11 بعد الجراحة، وبمعدل متابعة يبلغ ست سنوات، فإن الغالبية العظمى من المرضى الذين استفادوا من عملية تقويم المفاصل يقولون إنهم راضون أو راضون جداً (95.3%) كان معدل بقاء الأطراف الاصطناعية على قيد الحياة 100% بعد 6 سنوات من المتابعة المتوسطة. ظل العدد الإجمالي للمضاعفات منخفضاً. كانت نتائج التصوير الشعاعي مرضية أيضاً بزوايا HKAA بعد الجراحة 179.8 درجة، ومتوسط زاوية ألفا 91 درجة، ومتوسط زاوية جاما 92 درجة، ومتوسط زاوية بيتا 92 درجة، ومتوسط زاوية دلتا 93 درجة. كان متوسط ارتفاع الرضفة بعد الجراحة 1.2 وسمكها بعد الجراحة 13 ملم.

الخلاصة: أكدت دراستنا البيانات الواردة في الأدبيات المتعلقة بنتائج تقويم مفصل الركبة الكلي بمساعدة الكمبيوتر، ودعمت مزايا وعيوب هذه التقنية.

Annexes

ANNEXE 1

Cotation fonctionnelle International Knee Society (Score IKS)

1/ Score genou, Douleur, Mobilité, Stabilité : D.M.S (100 points)

<u>DOULEUR</u>	<u>Points</u>
Aucune	50
Douleur légère ou occasionnelle	45
Douleur uniquement dans les escaliers	40
Douleur à la marche et dans les escaliers	30
Douleur modérée, occasionnelle	20
Douleur modérée, permanente	10
Douleur sévère	0

<u>MOBILITE EN FLEXION</u>	<u>Points</u>
> 125°	25
Diminution du score de 1 point pour 5° de flexion en moins	

<u>STABILITE</u>	<u>Points</u>
*ANTEROPOSTERIEURE	
< 5 mm	10
5 à 10 mm	5
> 10 mm	0
*MEDIOLATERALE	
< 5°	15
Entre 6° et 9°	10
Entre 10° et 14°	5

<u>DEDUCTIONS</u>	<u>Points</u>
Flessum	
5 à 10°	-2
11 à 15°	-5

16 à 20°	-10
> 20°	-15
Déficit d'extension actif	
< 10°	-5
11 à 20°	-10
> 20°	-15
Alignement anatomique	
Varum/Valgum	-2 par 5°

2/ Score fonction (100 points)

<u>PERIMETRE DE MARCHE</u>	<u>Points</u>
Illimité	50
> 1000 mètres	40
Entre 500 et 1000 mètres	30
< 500 mètres	20
Maison seulement	10
Incapacité	0

<u>ESCALIERS</u>	<u>Points</u>
Montée et descente normales	50
Montée normale, descente avec la rampe	40
Montée et descente avec la rampe	30
Montée avec la rampe et descente asymétrique	15
Montée et descente asymétrique	10
Montée et descente impossible	0

<u>DEDUCTIONS</u>	<u>Points</u>
Pas de canne	0
Une canne	-5
Deux cannes	-10
Cannes anglaises ou déambulateur	-20

ANNEXE 2

SATISFACTION

1. Très satisfait
2. Satisfait
3. Moyennement satisfait
4. Déçu

ANNEXE 3

TYPE DE L'ARTHROSE

- Arthrose fémoro-tibiale interne
- Arthrose fémoro-tibiale interne + fémoro- patellaire
- Arthrose fémoro-tibiale externe
- Arthrose fémoro-tibiale externe + fémoro- patellaire
- Arthrose tricompartmentale

ANNEXE 4

STADE DE L'ARTHROSE : selon AHLBACK

- 1- Stade I : Pincement fémoro-tibial < 50%
- 2- Stade II : Pincement externe 50-100%
- 3- Stade III : Cupule tibiale < 5mm
- 4- Stade IV : Cupule tibiale > 5mm

Classification de Ahlbäck:



Usure < 50%



50 à 100%



Cupule < 5mm



Cupule > 5 mm



Plateaux coupés pour une prothèse

Bibliographie

1. Longstaff, L.M., et al., Good alignment after total knee arthroplasty leads to faster rehabilitation and better function. *J Arthroplasty*, 2009. **24**(4): p. 570-8.
2. Choong, P.F., M.M. Dowsey, and J.D. Stoney, Does accurate anatomical alignment result in better function and quality of life? Comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2009. **24**(4): p. 560-9.
3. J.R, M., Mechanisms of failure in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 1988. 226: p. 49-64.
4. Saragaglia, D., et al., Computer-assisted knee arthroplasty: comparison with a conventional procedure. Results of 50 cases in a prospective randomized study. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 2001. **87**(1): p. 18-28.
5. Oswald, M.H., et al., Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 1993. **8**(4): p. 419-26.
6. Taylor, R.H., et al., Computer-integrated surgery. Technology and clinical applications. *Clin Orthop Relat Res*, 1998(354): p. 5-7.
7. Bauwens, K., et al., Navigated total knee replacement. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*, 2007. **89**(2): p. 261-9.
8. Mason, J.B., et al., Meta-analysis of alignment outcomes in computer-assisted total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty*, 2007. **22**(8): p. 1097-106.

9. Ameline T, Pineau V, Parienti J-J, Rochcongar G, Hulet C. Évaluation de la satisfaction après PTG – apport du nouveau score IKS. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2015;101(7, Supplement):S140-S1
10. Baumann C, Rat AC, Osnowycz G, Mainard D, Delagoutte JP, Cuny C, et al. Validité de la relation entre satisfaction des soins et qualité de vie après une prothèse totale de hanche ou de genou (PTH/PTG) : contribution des instruments de mesure. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2008;56(2, Supplement):109.
11. Galli M, De Santis V, Tafuro L. Reliability of the Ahlbäck classification of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2003;11(8):580-4.
12. Dragosloveanu S, Cretu B, Cristea S, Stoica C, Dragosloveanu C. Radiographic Evaluation of Alignment Following TKA, a Systematic Review. *Mædica*. 2017;12(3):214-8
13. Baroudi M, Drapeau V, Benoit B, Malo M. Patella baja postarthroplastie totale primaire du genou. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2017;103(7, Supplement):S105.
14. Theodoulou A, Bramwell DC, Spiteri AC, Kim SW, Krishnan J. The Use of Scoring Systems in Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. *J Arthroplasty*. 2016;31(10):2364-70.e8.
15. Brinker MR, Lund PJ, Cox DD, Barrack RL. Demographic biases found in scoring instruments of total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1996;11(7):820-30.
16. Abdennaji W . L'ostéotomie tibiale de valgisation au recul de dix ans . *Faculté de médecine de Tunis* .2010, N° :33

17. Kim YH, Park JW, Kim JS. The Clinical Outcome of Computer-Navigated Compared with Conventional Knee Arthroplasty in the Same Patients: A Prospective, Randomized, Double-Blind, Long-Term Study. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2017;99(12):989-96.
18. Hernigou PH. Résultats à dix ans des PTG postéro-stabilisées posées avec ou sans navigations (même équipe, même implant). *Rev Chir Orthop* 2010; 82:241-50.
19. Benko PY. Apport de la navigation dans la mise en place de la prothèse totale du genou : comparaison des données informatiques et radiologiques de 2006 à 2009. *Faculté de médecine de Limoges*. 2009, N° : 144.
20. Schoenahl JY. Revue clinique et radiologique des prothèses totales du genou implantées entre 1999 et 2002 à l'aide du système de navigation Orthopilot. *Faculté de médecine de Strasbourg*. 2009, N° : 82
21. McClelland JA, Webster KE, Ramteke AA, Feller JA. Total knee arthroplasty with computer-assisted navigation more closely replicates normal knee biomechanics than conventional surgery. *The Knee*. 2017;24(3):651-6.
22. Roberts TD, Clatworthy MG, Frampton CM, Young SW. Does Computer Assisted Navigation Improve Functional Outcomes and Implant Survivability after Total Knee Arthroplasty? *J Arthroplasty*. 2015;30(9 Suppl):59-63.
23. Saragaglia D, Sigwalt L, Gaillot J, Morin V, Rubens-Duval B, Pailhe R. Results with eight and a half years average follow-up on two hundred and eight e-Motion FP(R) knee prostheses, fitted using computer navigation for knee osteoarthritis in patients with over ten degrees genu varum. *International orthopaedics*. 2017.

24. Akakpo A, Dereudre G, Fouilleron N, Pasquier G, Migaud H. Résultats à court terme médiocres d'une prothèse totale de genou à plateau rotatoire mobile et gorge trochléaire profonde implantée sous navigation : analyse d'une série de 19 patients. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2013;99(2):146-52.
25. El Masri F, Rammal H, Ghanem I, El Hage S, El Abiad R, Kharrat K, et al. Prothèse totale du genou assistée par ordinateur: Résultats préliminaires : à propos de 60 cas. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. 2008;94(3):261-7.
26. Denjean S, Chatain F, Tayot O. One-stage computer-assisted total knee arthroplasty and tibial osteotomy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2017;103(3):381-6.
27. Hsiang Zackary Chua K, Chen Y, Lingaraj K. Navigated total knee arthroplasty: Is it error-free?2013.
28. Miyasaka T, Kurosaka D, Saito M, Omori T, Ikeda R, Marumo K. Accuracy of Computed Tomography-Based Navigation-Assisted Total Knee Arthroplasty: Outlier Analysis. *J Arthroplasty*. 2017;32(1):47-52.
29. Karachalios FH. Computer-integrated surgery. Technology and clinical applications. 2001. *Clin Orthop Relat Res*, 2001(354): p. 5-7
30. Stern SH, Insall JN. Total knee arthroplasty in obese patients. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1990;72(9):1400-4.
31. Insall JN, Binazzi R, Soudry M, Mestriner LA. Total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1985(192):13-22.

32. Bauwens K, Matthes G, Wich M, Gebhard F, Hanson B, Ekkernkamp A, et al. Navigated total knee replacement. A meta-analysis. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89(2):261-9.
33. Siston R, Giori N, Goodman S, Delp S. Surgical navigation for total knee arthroplasty: A perspective 2007. 728-35 p.
34. Chowdhry M, Bamne AB, Na YG, Kang YG, Kim TK. Prevalence and Predictors of Post-Operative Coronal Alignment Outliers and Their Association With the Functional Outcomes in Navigated Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*. 2014;29(12):2357-62.
35. Choong PF, Dowsey MM, Stoney JD. Does accurate anatomical alignment result in better function and quality of life? Comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2009;24(4):560-9.
36. Kamat YD, Aurakzai KM, Adhikari AR, Matthews D, Kalairajah Y, Field RE. Does computer navigation in total knee arthroplasty improve patient outcome at midterm follow-up? *International orthopaedics*. 2009;33(6):1567-70.
37. Williot A, Rosset P, Favard L. Arthroplastie totale de genou sur genu valgum. *Rev Chir Orthop*. 2010;96:111-6
38. Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, Proff G, Breitenfelder J, Ottersbach A. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 2005(433):152-9.
39. Decking R, Markmann Y, Fuchs J, Puhl W, Scharf HP. Leg axis after computer-navigated total knee arthroplasty: a prospective randomized trial comparing computer-navigated and manual implantation. *J Arthroplasty*. 2005;20(3):282-8.

40. Hart R, Janecek M, Chaker A, Bucek P. Total knee arthroplasty implanted with and without kinematic navigation. *International orthopaedics*. 2003;27(6):366-9.
41. Jenny JY, Clemens U, Kohler S, Kiefer H, Konermann W, Miehle RK. Consistency of implantation of a total knee arthroplasty with a non-image-based navigation system: a case-control study of 235 cases compared with 235 conventionally implanted prostheses. *J Arthroplasty*. 2005;20(7):832-9.
42. Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clinical orthopaedics and related research*. 1989(248):9-12.
43. Burdin. Reprises de prothèses totales du genou. 1ère édition, Paris, Elsevier Masson . 2003.
44. Lerat JL, Godenèche A, Moyen B, Besse JL. Prothèses totales sur genu valgum. In: Bonnin M, Chambat P, editors. *La gonarthrose: Traitement chirurgical : de l'arthroscopie à la prothèse*. Paris: Springer Paris; 2003. p. 376-401.
45. Bové JC. Computer-assisted total knee arthroplasty: Does the tibial component remain at malposition risk? *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2010;96(5):536-42.
46. Dong H, Buxton M. Early assessment of the likely cost-effectiveness of a new technology: A Markov model with probabilistic sensitivity analysis of computer-assisted total knee replacement. *International journal of technology assessment in health care*. 2006;22(2):191-202.
47. Brophy A. Bone morphing: 3D morphological data for total knee arthroplasty. *Comput Aided Surg*, 2002. 7(3): p. 156-68
48. Smith B, H Deakin A, Baines J, Picard F. Computer navigated total knee arthroplasty: The learning curve 2010. 40-8 p.