



UNIVERSITE DE LILLE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année 2022

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Etude de précision et comparaison à une série conventionnelle
d'un système robotisé pour PTG.**

Présentée et soutenue publiquement le 20 Octobre 2022 à 18h00
Au Pôle Formation

Par Monsieur Adrien PASCAL

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Henri MIGAUD

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Gilles PASQUIER

Monsieur le Professeur Julien GIRARD

Madame le Docteur (MCU) Sophie PUTMAN

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Olivier TOSTAIN

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

2D	2 Dimensions
3D	3 Dimensions
AG	Anesthésie Générale
Alpha	Angle fémoral distal dans le plan coronal
Bêta	Angle tibial proximal dans le plan coronal
HKA	Hip-Knee-Ankle
Non OMNI	Groupe de patients opérés par l'ancillaire conventionnel
OMNI	Groupe de patients opérés par le système OMNIBotics
PE	Polyéthylène
PTG	Prothèse Totale de Genou
TDM	Tomodensitométrie

Sommaire

Avertissement	2
Sigles	3
Sommaire.....	4
Introduction	5
Introduction générale.....	5
Objectifs	7
Objectif n°1 : Précision du système OMNIBotics	7
Objectif n°2 : Comparaison à une série conventionnelle	7
Matériel et méthodes	8
Population	8
Techniques chirurgicales.....	9
Système OMNIBotics.....	10
Ancillaire conventionnel	12
Recueil des données	13
Analyses statistiques	14
Résultats	15
Précision de l'OMNIBotics.....	15
Comparaison des séries.....	17
Discussion.....	22
Conclusion	29
Liste des tables	30
Liste des figures	31
Références.....	32

Introduction

Introduction générale

Il est communément admis que le traitement de l'arthrose symptomatique résistante aux traitements médicaux est l'arthroplastie totale de genou. [1,2] D'importants progrès ont été réalisés dans la conception des implants et des ancillaires de pose, mais le taux d'insatisfaction des patients après une prothèse totale de genou (PTG) reste globalement élevé (14 à 28%). [3–5] En effet, une malposition des implants due à une imprécision de coupes osseuses ou à une mauvaise évaluation de la balance ligamentaire peut entraîner instabilité, raideur et douleurs chroniques. [6] Ces facteurs contribuent à diminuer le résultat fonctionnel chez ces patients. Il est également démontré que cette malposition prothétique peut être à l'origine d'une usure prématurée du polyéthylène (PE), d'un descellement précoce et d'une reprise chirurgicale. [7–9]

Certains auteurs suggèrent que la prise en compte de l'analyse ligamentaire lors de la réalisation d'une PTG aboutirait à de meilleurs résultats fonctionnels. La réalisation de coupes osseuses précises est nécessaire pour répondre à cet objectif. [10,11] Malheureusement, les instrumentations traditionnelles ne sembleraient pas en mesure de fournir une précision suffisante. [12,13]

De nouvelles technologies ont émergé dans le but de sécuriser, d'optimiser et d'améliorer la reproductibilité du geste chirurgical. Parmi elles, les robots semi autonomes sont les évolutions les plus récentes. Ils utilisent une modélisation de l'articulation en trois dimensions, une prise en compte de la balance ligamentaire

selon des techniques variables et réalisent une planification numérique des coupes. [14–16] Malgré certaines controverses, portant notamment sur le coût lié à leur utilisation, l'apport généré en terme de précision de coupe et de reproductibilité est démontré. [13,17]

Le système OMNIBotics (Corin, Cirencester, UK) est une assistance robotique peropératoire qui ne nécessite aucune imagerie préalable. Il associe un tenseur ligamentaire dynamique, le BalanceBot et un guide de coupe robotisé, l'OMNIBot, coordonnées ensemble via un logiciel de planification tridimensionnel, le BoneMorphing 3D. Après une coupe tibiale première naviguée, ce système prend en compte la balance ligamentaire sur toute la courbe de flexion pour déterminer puis réaliser les coupes fémorales à l'aide du guide de coupe robotisé. Dans ce concept, l'angle Hip-Knee-Ankle (HKA) dépend donc directement de la balance ligamentaire évaluée par le système.

Shalhoub et al [18] ont démontré la capacité de l'OMNIBotics à gérer efficacement l'équilibrage ligamentaire en reproduisant avec précision les espaces planifiés.

Cependant, aucune publication, à notre connaissance, ne s'attache à évaluer la précision du système à réaliser les alignements planifiés ou à les comparer à un système conventionnel.

L'hypothèse principale est que le système OMNIBotics serait plus précis que l'ancillaire conventionnel pour réaliser les alignements planifiés en début d'intervention.

Objectifs

Objectif n°1 : Précision du système OMNIBotics

Un des objectifs de cette étude était l'évaluation de la précision de l'OMNIBotics à réaliser les alignements planifiés par le système.

Le critère d'évaluation principal était la réalisation de l'angle HKA planifié au sein du groupe OMNI, mesuré par le système.

Les critères de jugement secondaires étaient la réalisation des coupes osseuses planifiées et l'analyse des alignements postopératoires.

Objectif n°2 : Comparaison à une série conventionnelle

L'autre objectif de cette thèse était de comparer, pour des implants identiques, le système OMNIBotics à l'ancillaire conventionnel.

Le critère d'évaluation principal était la réalisation de l'angle HKA planifié pour chacun des groupes, mesuré sur des pangonogrammes en charge à 3 mois postopératoire.

Les critères d'évaluation secondaires étaient la reproduction des angles Alpha (angle fémoral coronal) et Bêta (angle tibial coronal) planifiés et la comparaison de différents paramètres cliniques per et postopératoires.

Matériel et méthodes

Population

Il s'agissait d'une série consécutive de 106 patients, rétrospectivement inclus entre octobre 2017 et décembre 2021 au sein de notre hôpital (CHU Lille). 53 patients ont bénéficié d'une PTG en utilisant le système d'assistance robotisée OMNIBotics (groupe OMNI). 53 patients ont bénéficié d'une PTG en utilisant un ancillaire conventionnel (groupe Non OMNI).

Les critères d'inclusion étaient : patient adulte âgé de plus de 18 ans devant bénéficier d'une arthroplastie primaire.

Les critères d'exclusion étaient : absence de pangonogrammes postopératoires ou manque de données sur les clefs USB (pour le groupe OMNI).

Les cas réalisés lors de la courbe d'apprentissage avec l'OMNIBotics ont été pris en compte.

Les caractéristiques démographiques des deux groupes sont présentées dans le

Tableau 1.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes caractéristiques de la population étudiée.

Caractéristiques	Population (n = 106)		Valeur P
	OMNI (n = 53)	Non OMNI (n = 53)	
Age (en années)	70 ± 9	66 ± 10	< 0.05 (0.011)
Sexe	Homme	19 (36%)	n.s (0.135)
	Femme	34 (64%)	
IMC (en kg/m ²)	32 ± 6	32 ± 7	n.s (0.142)
Score ASA	1	3 (6%)	n.s (0.700)
	2	39 (74%)	n.s (0.522)
	3	11 (21%)	n.s (0.642)
HKA préopératoire (en °)	176 ± 7	177 ± 6	n.s (0.400)

Techniques chirurgicales

Les patients ont tous été opérés par le même chirurgien. Le même ancillaire a été utilisé pour tous les patients du groupe Non OMNI et le même appareil pour ceux du groupe OMNI (OMNIBotics, Corin, Cirencester, UK). Les mêmes implants (HLS Kneetec, Corin, Cirencester, UK) ont été utilisés dans les deux groupes. La prothèse de genou utilisée est une prothèse à condyles symétriques possédant une stabilisation par un troisième condyle central. [19,20] Tous les implants ont été cimentés.

Système OMNIBotics

L'arthroplastie était réalisée par une voie d'abord parapatellaire médiale. [21] Le genou ainsi exposé, les ostéophytes, les ménisques et les ligaments croisés étaient retirés. Deux capteurs optiques étaient ensuite fixés de manière stable sur la crête tibiale et la métaphyse fémorale.

L'acquisition du modèle 3D était obtenue en déterminant le centre de la cheville, du genou et de la hanche puis par le passage d'une sonde sur les différents reliefs osseux. [22–24] Une fois le modèle créé, une mesure initiale de la cinématique du genou et de l'angle HKA était obtenue.

Une coupe tibiale première était ensuite réalisée à l'aide d'un guide de coupe navigué dont les paramètres étaient choisis par l'opérateur (0° de coupe frontale le plus souvent et 0° de pente tibiale pour tous les patients). [19] La coupe était validée par un instrument optique (**Figure 1**). Le tenseur ligamentaire BalanceBot était alors utilisé pour évaluer la balance ligamentaire en extension puis jusqu'à la flexion complète.[18] Le logiciel proposait ensuite de manière automatisée une taille et une position du carter fémoral dans les 3 plans de l'espace permettant un équilibrage ligamentaire optimal de l'extension à la flexion maximale (**Figure 2**). [16]

Le positionnement de l'implant fémoral validé par l'opérateur, les coupes étaient réalisées à l'aide d'un guide de coupe robotisé. Chaque coupe nécessitait une validation par l'opérateur via un capteur optique. Les coupes terminées, une acquisition finale de la balance ligamentaire était réalisée avec le BalanceBot pour contrôler la restitution des espaces sur toute la course de flexion.

L'alignement final était enregistré par le logiciel en fin d'intervention, après cimentation des implants et resurfaçage de la rotule. (**Figure 3**)

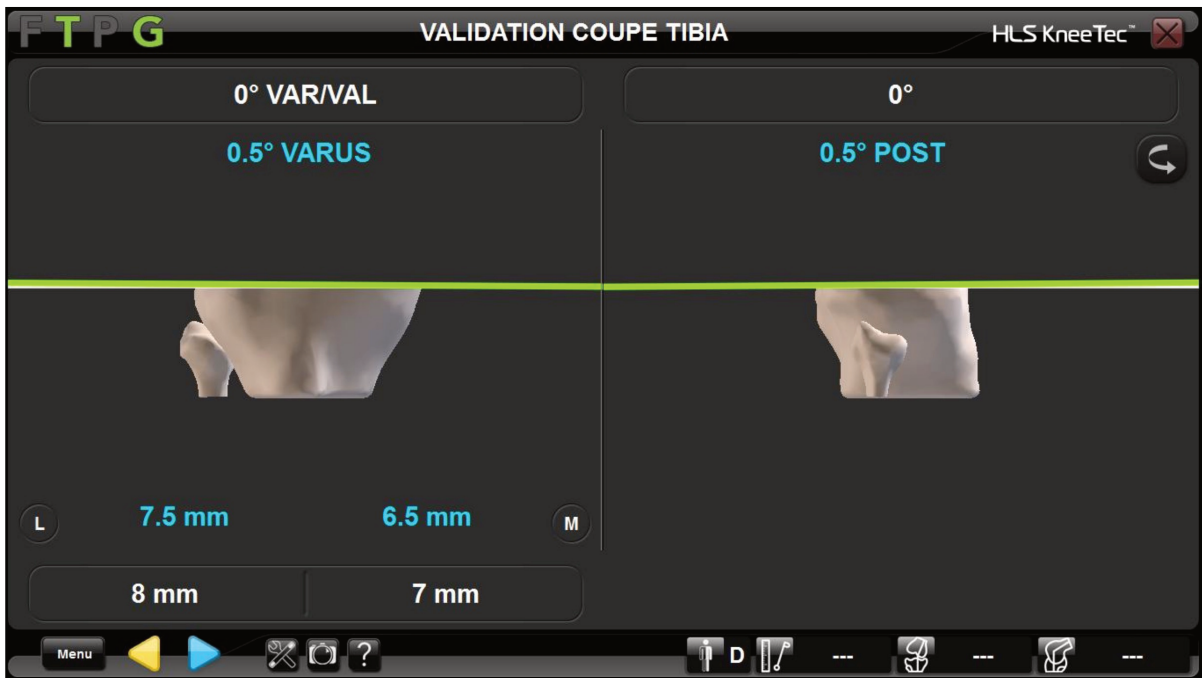


Figure 1. Capture d'écran du moniteur au temps de la validation de la coupe tibiale par les capteurs optiques.

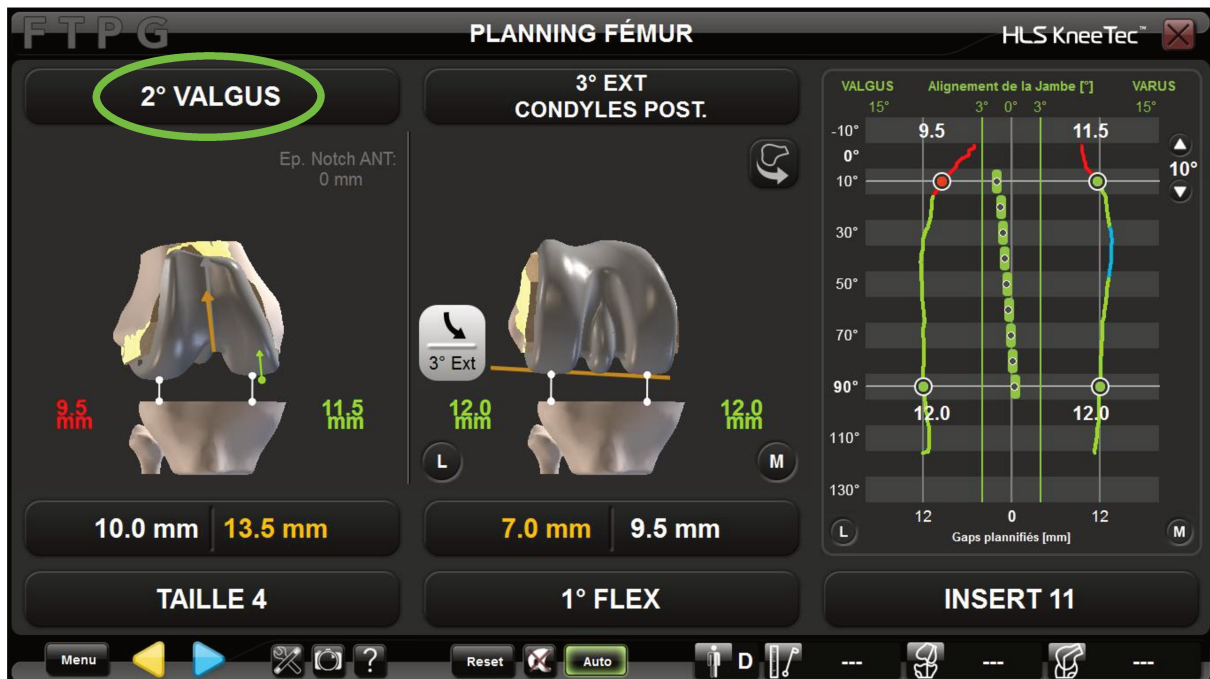


Figure 2. Capture d'écran du moniteur aux temps « Planning fémur » (permettant de calculer l'alignement cible en fonction de la coupe tibiale déjà réalisée et de la coupe fémorale planifiée).

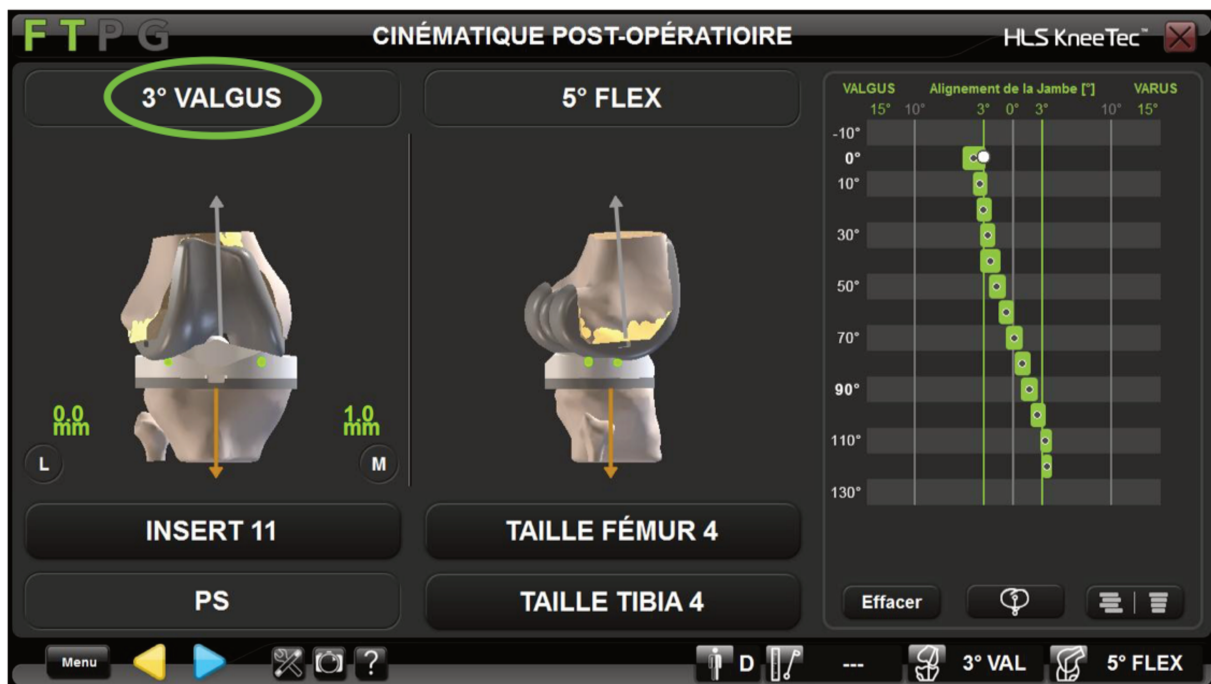


Figure 3. Capture d'écran du moniteur aux temps « Cinématique post opératoire » (permettant d'obtenir la mesure de l'alignement final post opératoire).

Ancillaire conventionnel

Une voie d'abord parapatellaire médiale était également utilisée. L'objectif était celui d'un alignement mécanique (180°). Une visée centromédullaire était utilisée pour réaliser la coupe tibiale première puis la coupe fémorale distale (selon la divergence choisie à l'aide des radiographies préopératoires). Une référence postérieure permettait de déterminer la taille et la rotation de l'implant fémoral avant mise en place d'un guide de coupe 4 en 1. Les coupes réalisées, l'opérateur utilisait le tenseur ligamentaire pour s'assurer de la symétrie des espaces en flexion et en extension. Un release ligamentaire pouvait être effectué si nécessaire. Des implants d'essais étaient ensuite utilisés pour contrôler l'équilibre ligamentaire du genou avant la mise en place des implants définitifs. La rotule était resurfacée pour tous les patients et les implants cimentés.

Recueil des données

Toutes les données ont été recueillies par un seul opérateur.

Les données utilisées pour étudier la précision (objectif n°1) sont celles fournies par les capteurs optiques du système OMNIBotics. [25,26]

Celles utilisées pour comparer les alignements des deux groupes (objectifs n°2) ont été mesurées sur des pangonogrammes en charge à 3 mois postopératoires comme le veut le protocole du service. [27]

Les paramètres cliniques ont été extraits du dossier médical de chaque patient.

Les objectifs d'alignements étaient différents pour les deux groupes :

- pour le groupe OMNI, l'alignement cible était dépendant de l'équilibrage ligamentaire : il résultait de l'addition de la coupe tibiale et du positionnement du bouclier fémoral, contraint par la balance ligamentaire. L'HKA planifié était donc variable pour chaque patient. Toutes les étapes de l'opération étaient enregistrées par capture d'écran sur des clés USB personnalisées.
- pour le groupe Non OMNI, l'alignement cible était mécanique. Les valeurs cibles étaient identiques pour tous les patients : 90° pour les angles Alpha et Bêta, 180° pour l'angle HKA.

Ont été considérés comme « *outliers* », dans cette étude, les patients dont les valeurs mesurées étaient supérieures à 3° aux valeurs planifiées.

Analyses statistiques

Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm écart type pour les variables continues et sous forme d'effectif et pourcentage (%) pour les variables discrètes.

La relation entre les variables discrètes a été évaluée à l'aide du test du Chi-2. Pour les variables continues, un test t de Student apparié a été utilisé. La significativité statistique a été fixée a priori à $p < 0.05$ pour tous les tests statistiques.

La précision du système OMNIBotics était présentée sous forme de moyenne quadratique.

Le logiciel Microsoft Excel (version 16.43) a été utilisé pour réaliser les analyses des données.

Résultats

Cette étude rétrospective a inclus 106 patients au total.

Le **Tableau 1** compare les caractéristiques démographiques des deux groupes analysés dans cette étude.

Une différence statistiquement significative mais cliniquement peu pertinente a été retrouvée pour l'âge entre les deux groupes (70 ± 9 ans dans le groupe OMNI et 66 ± 10 ans dans le groupe Non OMNI, $p < 0,05$), le groupe OMNI ayant tendance à être plus âgé. Aucune autre différence n'a été retrouvée sur les autres critères.

Précision de l'OMNIBotics

L'analyse de précision du système robotisé a été effectuée sur le groupe OMNI de 53 patients, les résultats sont résumés dans le **Tableau 2** et la **Figure 4**.

Il n'existait pas de différence significative entre l'angle HKA planifié et celui mesuré en fin d'intervention ($p = 1,00$). La différence de ces moyennes était nulle ($0,00^\circ \pm 1,36^\circ$). L'erreur moyenne (moyenne quadratique) était égale à $1,35^\circ$.

Il n'existait pas de différence significative entre les angles de coupe fémoraux planifiés et ceux mesurés par le capteur optique.

Les moyennes, écart types et moyennes quadratiques de leurs différences étaient toutes $< 1^\circ$.

Il existait une différence significative entre les valeurs de coupes tibiales planifiées et celles mesurées par le système ($p = 0,040$ pour la coupe tibiale distale et $p = 0,005$ pour la pente tibiale).

Dans 79% des cas, l'angle HKA réalisé avait un écart $\leq 1^\circ$ à celui planifié, cet écart était $\leq 3^\circ$ dans 96% des cas (**Figure 4**).

Tableau 2. Comparaison des valeurs planifiées aux valeurs mesurées par le système OMNIBotics ; Présentation des moyennes, écarts type et moyennes quadratiques de leurs différences ; Proportion de cas dont la différence de ces valeurs est $\leq 1^\circ$.

Paramètres (en °)	Moyenne \pm écart type	Moyenne quadratique	Erreur max	$n \leq 1^\circ$ (%)	Valeur P
Angle HKA	0.00 \pm 1.36	1.35	4	42 (79%)	<i>n.s</i> (1.000)
Coupe tibiale	distale	-0.16 \pm 0.55	0.57	51 (96%)	< 0.05 (0.040)
	pente	-0.31 \pm 0.78	0.83	46 (87%)	< 0.05 (0.005)
Coupe fémorale	distale	0.06 \pm 0.78	0.77	50 (94%)	<i>n.s</i> (0.598)
	flexion	-0.04 \pm 0.85	0.85	48 (91%)	<i>n.s</i> (0.749)
	rotation	-0.13 \pm 0.67	0.67	52 (98%)	<i>n.s</i> (0.155)

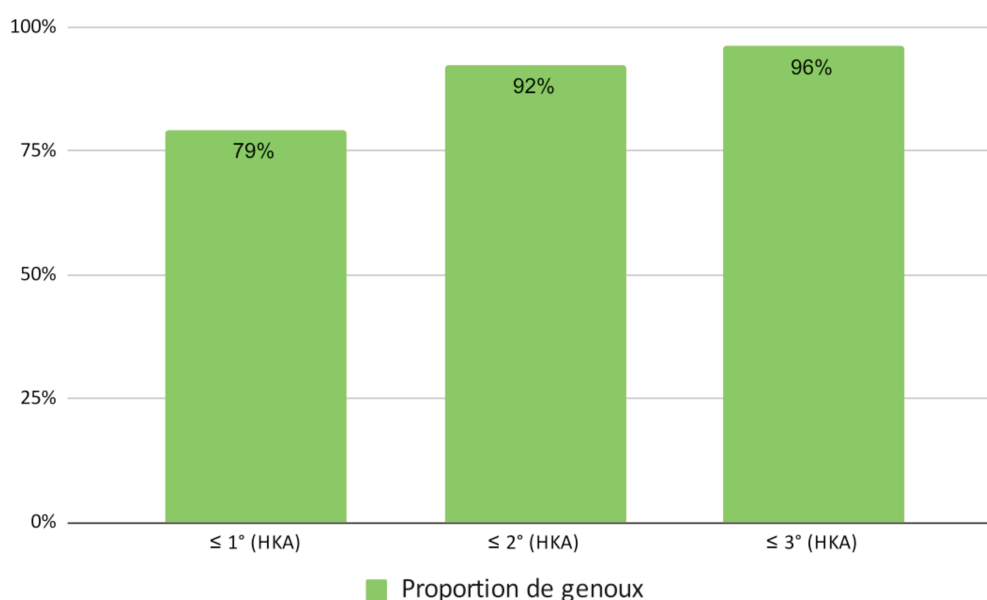


Figure 4. Représentation graphique de la proportion de genoux dont l'angle HKA mesuré par le système OMNIBotics est \leq à x degrés à la valeur planifiée.

Répartition des différents alignements postopératoires dans le groupe OMNI

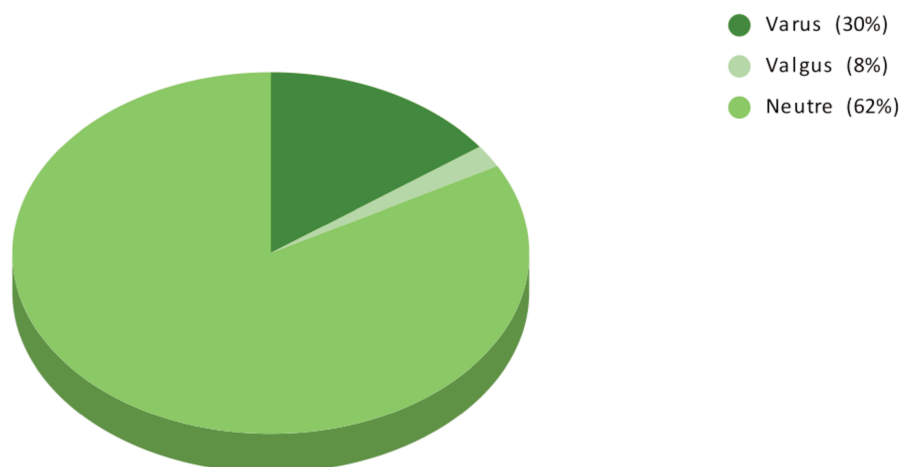


Figure 5. Représentation graphique de la répartition des différents alignements postopératoires mesurés par le système OMNIBotics.

La **Figure 5** représente la répartition des différents alignements postopératoires mesurés par le système OMNIBotics. La majorité des angles HKA postopératoires étaient compris entre 177° et 183° (62%). 30% des patients avaient un alignement en varus et 8% en valgus.

Comparaison des séries.

Le **Tableau 3** et la **Figure 6** comparent les deux séries à propos de la réalisation de l'angle HKA cible.

Le nombre de patient dont la différence entre HKA mesuré et HKA planifié est $\leq 1^{\circ}$ était significativement plus élevé dans le groupe OMNI ($p = 0,032$).

Ce résultat était également observé pour une valeur de 3° ($p = 0,038$) avec un nombre d'outliers moins important dans le groupe OMNI.

L'erreur maximale observée au sein du groupe OMNI était de 4° entre angle HKA planifié et mesuré sur le pangonogramme et de 5° dans le groupe Non OMNI.

Tableau 3. Comparaison du nombre de genoux dont l'angle HKA mesuré est \leq à x degrés à la valeur planifiée, pour chacun des groupes.

Différence angle cible / angle mesuré	Angle HKA		Valeur P
	OMNI	Non OMNI	
$\leq 1^\circ$	32 (60%)	21 (40%)	< 0.05 (0.032)
$\leq 2^\circ$	41 (77%)	32 (60%)	<i>n.s</i> (0.059)
$\leq 3^\circ$	50 (94%)	43 (81%)	< 0.05 (0.038)

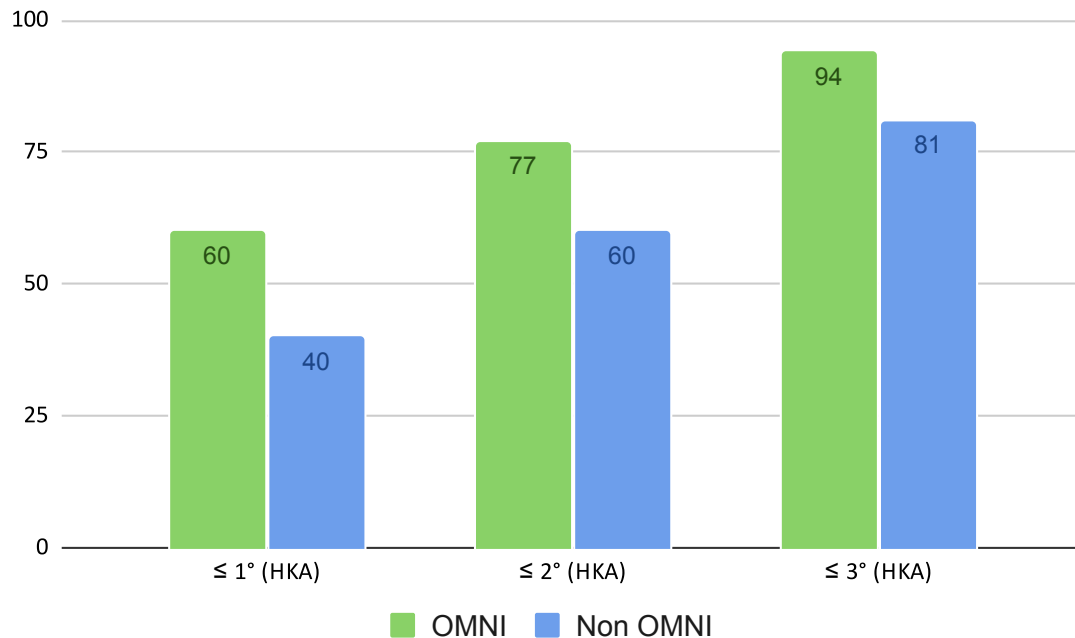


Figure 6. Représentation graphique des résultats du tableau 3.

Le **Tableau 4** et la **Figure 7** comparent la réalisation des angles Alpha et Bêta dans les deux séries.

Concernant l'angle Alpha, une différence significative entre les deux séries était observée pour 1° ($p = 0,045$) mais n'était pas retrouvée pour 2° ($p = 0,374$) et 3° ($p = 0,558$). La comparaison de l'angle Bêta retrouvait une différence significative pour 1° ($p = 0,031$) et 3° ($p = 0,041$) mais cette différence n'était pas observée pour 2° ($p = 0,064$).

L'erreur maximale mesurée pour les angle Alpha et Bêta était de 3° dans le groupe OMNI et de 4° dans le groupe Non OMNI.

Tableau 4. Comparaison du nombre de genoux dont l'angle Alpha ou Bêta mesuré est \leq à x degrés à la valeur planifiée, pour chacun des groupes.

Différence angle cible / angle mesuré	Angle Alpha		Valeur P	Angle Bêta		Valeur P
	OMNI	Non OMNI		OMNI	Non OMNI	
$\leq 1^\circ$	44 (83%)	35 (66%)	< 0.05 (0.045)	36 (68%)	25 (47%)	< 0.05 (0.031)
$\leq 2^\circ$	48 (91%)	45 (85%)	n.s (0.374)	48 (91%)	41 (77%)	n.s (0.064)
$\leq 3^\circ$	52 (98%)	51 (96%)	n.s (0.558)	53 (100%)	49 (92%)	< 0.05 (0.041)

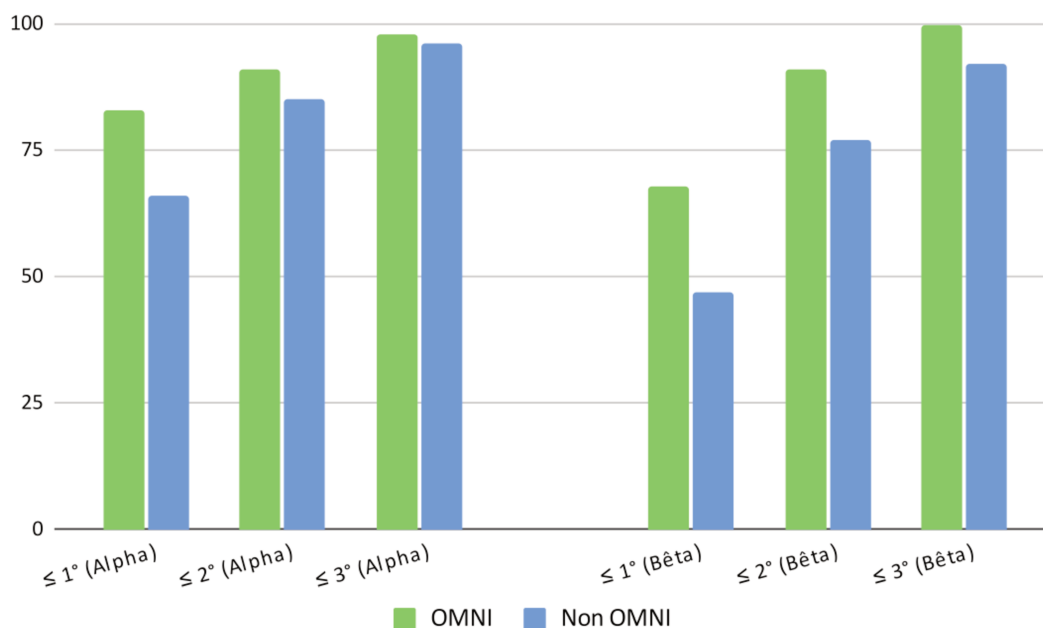


Figure 7. Représentation graphique des résultats du tableau 4.

Tableau 5. Comparaison de différents paramètres cliniques postopératoires entre les groupes OMNI et Non OMNI. Le changement d'axe est défini par le passage d'un varus préopératoire (<177°) à un valgus postopératoire (>183°) (et inversement) ou d'un alignement neutre (180 ± 3°) à un alignement en varus/valgus.

Caractéristiques		OMNI	Non OMNI	Valeur P
Temps opératoire (en min)		113 ± 18	95 ± 17	< 0.05 (0.000)
Durée hospitalisation (en nuit postopératoire)		3.86 ± 1.46	4.29 ± 1.49	<i>n.s</i> (0.353)
Amplitudes (en °)		117 ± 8	116 ± 7	<i>n.s</i> (0.360)
Flessum (>5°)		1 (2%)	1 (2%)	<i>n.s</i> (1.000)
Complications	Totales	4 (8%)	13 (25%)	< 0.05 (0.017)
	Mobilisation sous AG	1 (2%)	6 (11%)	<i>n.s</i> (0.050)
Changement d'axe		3 (6%)	3 (6%)	<i>n.s</i> (1.000)
Epaisseur du PE (en mm)	9	31 (58%)	38 (72%)	<i>n.s</i> (0.154)
	11	18 (34%)	15 (28%)	<i>n.s</i> (0.529)
	13	4 (8%)	0	< 0.05 (0.041)

Les caractéristiques cliniques évaluées entre les deux groupes sont reprises dans le **Tableau 5**.

Aucune différence significative n'était mise en évidence pour la durée d'hospitalisation, les amplitudes postopératoires, le flessum postopératoire ou le changement d'axe entre les deux groupes.

Il y avait 6 mobilisations sous anesthésie générale (AG) dans le groupe Non OMNI, contre 1 dans le groupe OMNI, la différence étant statistiquement proche de la significativité ($p = 0,05$).

Le temps opératoire était significativement plus long dans le groupe OMNI ($p = 0,000$) mais le nombre de complications (totales) plus faible ($p = 0,017$). Ces complications postopératoires suivaient la répartition suivante : fracture de rotule

(OMNI = 1, Non OMNI = 0), mobilisation sous AG (OMNI = 1, Non OMNI = 6), embolie pulmonaire (OMNI = 1, Non OMNI = 0), douleurs neuropathiques (OMNI = 1, Non OMNI = 3), ablation de corps étranger (OMNI = 0, Non OMNI = 1), infection (OMNI = 0, Non OMNI = 1) et reprise chirurgicale pour instabilité (OMNI = 0, Non OMNI = 2). La taille du PE utilisé n'était pas différente pour les épaisseurs de 9 et 11mm mais le PE de 13mm n'a été choisi que dans le groupe OMNI (n = 4, p = 0,041).

Discussion

Le but de cette étude était d'évaluer la précision de l'OMNIBotics à réaliser les coupes et les alignements planifiés en début d'intervention puis de comparer ce système à une technique conventionnelle.

Concernant l'objectif n°1 de cette étude, notre hypothèse était celle d'un haut niveau de précision dans la réalisation des coupes et des alignements (avec une erreur de précision moyenne attendue de l'ordre du degré).[28]

Au vu des résultats, il semblerait que cette hypothèse soit vérifiée. En effet, les analyses statistiques ne retrouvaient aucune différence significative pour le critère de jugement principal avec une erreur moyenne de $1,35^\circ$ pour la réalisation de l'angle HKA. La précision de coupe du système semblait importante avec une erreur de coupe moyenne inférieure à 1° pour tous les paramètres étudiés. On observait toutefois une différence significative entre les coupes tibiales planifiées et mesurées. Cette différence peut être expliquée par l'utilisation d'un système de navigation pour la réalisation des coupes tibiales plutôt que d'un système robotisé. Malgré la grande précision des systèmes de navigation [29–31], il semblerait que ceux ci soient moins précis que les assistances robotiques [32].

Shalhoub et al [18,33] ont montré, sur une étude cadavérique d'abord, puis sur une population de 121 genoux, la capacité de l'OMNIBotics à prédire puis reproduire avec précision une balance ligamentaire équilibrée en mesurant les espaces au cours de la flexion (de 72 à 77% des genoux étaient équilibrés avec une

précision de l'ordre du millimètre à 0, 10, 45 et 90° et plus de 90 % des genoux avec une précision <2 mm). Ces résultats témoignent de la grande précision de l'OMNIBotics mais sont difficilement comparables à d'autres robots.

Figueroa et al [25] ont étudié l'ancien modèle d'OMNIBotics (OMNI, Raynham, MA, USA), lorsqu'il n'était pas associé au tenseur ligamentaire BalanceBot. Il s'agissait alors d'un système d'assistance opératoire semi automatique suivant le concept d'alignement mécanique. Ils ont ainsi pu comparer, sur une population de 173 patients, la position des implants planifiés par le système avec leur positionnement définitif évalué par TDM. Leurs résultats sont globalement similaires aux nôtres bien que moins précis. Ils suivent néanmoins une tendance identique avec une moins grande précision dans la réalisation des alignements comparés aux coupes osseuses (75% des patients ont un angle HKA $\leq 2^\circ$ de ce qui était planifié vs 92% dans notre série). Cette différence peut être expliquée par le biais de mesure lié à l'utilisation de l'imagerie TDM dans l'évaluation de l'angle HKA (utilisant une technique de recomposition d'images et non un scanner du membre en entier).

Les résultats de notre étude (79% des patients $\leq 1^\circ$ de la planification, 3% d'outliers et une erreur moyenne de $1,35^\circ$) se rapprochent de ceux observés avec les autres robots chirurgicaux.

Concernant le ROSA Knee system, Paratte et al [28] ont rapporté, dans une étude cadavérique, une proportion de patients avec un angle HKA final $\leq 1^\circ$ de la planification de 73% et aucun outliers. Le ROSA posséderait une précision plus importante que l'OMNIBotics dans cette étude avec une erreur moyenne de $0,85^\circ$ pour l'angle HKA. Il convient toutefois de noter que leur effectif était faible (30 genoux) et les contraintes de réalisation de la chirurgie moins complexe (in vitro).

Le robot MAKO (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) posséderait des performances proche de l'OMNIBotics au regard des résultats publiés dans la littérature. En effet, Sires et al [34], dans leur étude in vivo de 45 patients, retrouvaient dans 78% des cas un écart $\leq 1^\circ$ entre l'angle HKA mesuré par le système et celui planifié. Aucun outliers n'était non plus observé (100% des cas $\leq 3^\circ$ entre angle HKA mesuré et planifié). De plus, Kayani et al [35] rapportaient une erreur moyenne de précision de $1,5^\circ$ dans une série incluant 60 patients opérés avec ce système.

S'agissant du système Navio (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA), cette erreur moyenne était de $0,57^\circ$ dans la cohorte de 62 patients analysée par Vaidya et al [36].

La comparaison de la série OMNI avec celle opérée par ancillaire conventionnel (objectif n°2 de cette étude) retrouvait une précision supérieure du système OMNIBotics pour le critère de jugement principal. En effet, la proportion de patient dont l'angle HKA mesuré sur pangonogramme est $\leq 1^\circ$ à celui planifié était significativement plus élevée dans le groupe OMNI (60%) que dans le groupe Non OMNI (40%). Nous observions également une diminution statistiquement significative du nombre d'outliers dans le groupe OMNI.

Certains résultats publiés s'approchent de ceux obtenues dans cette étude.

Song et al [12] dans une série prospective incluant 100 patients opérés par le système ROBODOC (Curexo Technology Corp, Fremont, CA, USA) mettaient en évidence une différence statistiquement significative entre le nombre d'outliers dans la série opérée avec le système robotique (0%) et celle opérée avec l'ancillaire conventionnel (24%). Aucune différence n'était en revanche observée pour le

nombre de complications postopératoires. Le temps opératoire était plus important de 25 minutes en moyenne dans le groupe ROBODOC (99 ± 11 min).

Deux articles évaluent les résultats du ROSA sur des pangonogrammes postopératoire. Shin et al [37], ont étudié, chez 37 patients, la capacité du ROSA à réaliser les angles HKA, Alpha et Bêta planifiés. Les pourcentages d'outliers ($\geq 3^\circ$ de la planification) étaient de 27% pour l'angle HKA, 8% pour l'angle Alpha et 0% pour l'angle Bêta. Vanlommel et al [38], dans une série comparative de 180 patients, retrouvaient également une différence significative en faveur du ROSA pour le nombre d'outliers (5% dans la série robot, 24% dans la série conventionnel).

Les performances du MAKO ont également été analysées sur pangonogramme dans l'étude de Li et al [39] incluant 36 patients. Aucune comparaison n'avait été réalisée avec une série conventionnelle mais les auteurs observaient une proportion de patients dont l'angle HKA mesuré est $\leq 1^\circ$ de l'angle planifié égale à 92%. Aucun outliers n'étaient rapporté.

Deckey et al [40], dans une série comparative de 220 patients utilisant les mêmes critères d'évaluation que ceux de notre étude rapportaient statistiquement moins d'outliers dans le groupe MAKO (21%) que dans le groupe conventionnel (38%).

Enfin, Savov et al [41], s'étaient attachés à documenter la précision du système Navio sur des pangonogrammes postopératoires et avaient observé les proportions d'outliers suivantes : 11% pour l'angle HKA, 11% pour l'angle Alpha et 3% pour l'angle Bêta. Bollars et al [42] avaient comparé leur série NAVIO à l'ancillaire conventionnel pour 154 patients et retrouvaient des valeurs d'outliers moins importantes dans le groupe robot (angle HKA 6% vs 18%, angle Alpha 14% vs 19%, angle Bêta 0% vs 8% pour les groupes NAVIO et Non NAVIO respectivement).

Au vu de ces résultats, il ne semblerait pas y avoir de supériorité d'un système par rapport à l'autre mais une réduction significative d'outliers est démontrée pour toutes les assistances robotiques comparées à leurs ancillaires.

Enfin, il est intéressant d'observer les résultats des alignements postopératoires des patients de notre série, pour lesquelles seule la balance ligamentaire a participé à la planification de l'alignement final. Nous avons ainsi observé une tendance à l'alignement neutre postopératoire pour plus de la majorité des patients (62%). Il a été démontré qu'un alignement neutre ($180 \pm 3^\circ$) est associé à une meilleure survie des implants. [43]

Ces résultats confortent la tendance actuelle de l'alignement ajusté, comme compromis entre une balance ligamentaire équilibrée favorable à la fonction du genou et une position des implants permettant d'optimiser leur durée de vie. [44–46]

Certaines limites doivent cependant être soulignées.

La principale limitation de cette étude est son design monocentrique et rétrospectif.

Une deuxième limite est l'utilisation des patients réalisés lors de la courbe d'apprentissage. Keggi et al [47] ont estimé la courbe d'apprentissage de l'OMNIBotics à 7 cas en se basant sur le temps opératoire. Ce paramètre peut expliquer les temps opératoires plus importants retrouvés dans notre étude en comparaison aux temps retrouvés dans la littérature pour le même système. Celui-ci est de 83 minutes en moyenne dans la série de Hernandez et al [48] contre 113 min dans notre étude.

Il convient également de s'intéresser aux disparités observées dans la littérature entre les analyses d'un même système robotiques (parfois 21% de différence pour

les outliers) qui interrogent sur la justesse des mesures effectuées. Le pangonogramme, bien que considéré comme *gold standard* pour l'évaluation des alignements [49] semble manquer de précision pour analyser l'angle HKA avec fiabilité. En effet, la radiographie (2D) prend difficilement en compte les troubles rotationnels influant la mesure de l'axe. De plus, malgré l'utilisation d'un opérateur entraîné pour la mesure des angles radiographiques, il n'a pas été réalisé de comparaison intra et inter-observateurs dans notre étude.

Toutefois, le choix du pangonogramme a été fait afin d'éviter de soumettre les patients à un examen d'imagerie irradiant et coûteux tel que le TDM. Le développement des systèmes d'imagerie EOS, plus précis que la radiographie, pourrait être une piste pour améliorer la précision des mesures dans les études futures. [50]

C'est finalement cette imprécision qui nous a conduit à utiliser les valeurs fournies par les capteurs optiques du système pour analyser la précision intrinsèque de l'OMNIBotics. [16]

Une autre limitation de cette étude est la différence de suivi entre les 2 groupes. Les patients du groupe Non OMNI ont eu un suivi plus important que ceux du groupe OMNI du fait de la récente utilisation de l'OMNIBotics dans le service (2019). Cette différence de suivi moyen a pu avoir un impact sur le nombre de complications pouvant expliquer la différence significative retrouvée entre les deux séries pour ce paramètre.

Une dernière limite est liée à l'absence, dans cette étude, d'évaluation de scores fonctionnels ou d'analyse de survie des implants. Les résultats récents comparant cette technique semblent mettre en évidence une amélioration à court terme des scores fonctionnels pour les patients opérés par l'OMNIBotics. [46,47,51,52] Il est

néanmoins nécessaire de poursuivre les travaux liées à ces systèmes afin de s'assurer que les bénéfices apportés aux patients soient supérieurs aux contraintes liées à leur utilisation.

Conclusion

L'OMNIBotics, système d'assistance robotisée sans imagerie, permet, après analyse de la balance ligamentaire, une reproduction précise de la planification réalisée. C'est une solution qui offre, avec un impact économique raisonnable, une aide précieuse au chirurgien dans la réalisation d'une PTG équilibrée et adaptée à l'anatomie du patient.

Bien que de multiples études aient apporté la preuve d'une précision supérieure de l'assistance robotique en comparaison aux ancillaires traditionnels [47,53], la grande majorité d'entre elles portent sur l'ancienne génération de robot orthopédique. Depuis presque 4 ans, de nouveaux systèmes ont émergés, plus fiable, plus précis, plus sophistiqués à l'image du MAKO, du ROSA, de l'OMNIBotics ou du CORI (anciennement NAVIO). Du fait d'un essor récent de ces nouvelles solutions, peu de publications s'intéressent à la relation entre utilisation de ces systèmes et amélioration de la fonction du patient ou survie des implants à long terme. [54]

Il est donc indispensable d'enrichir les connaissances de ce domaine dans le but de comparer les performances de ces machines et d'en extraire les données utiles à la chirurgie de demain.

Liste des tables

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes caractéristiques de la population étudiée.	9
Tableau 2. Comparaison des valeurs planifiées aux valeurs mesurées par le système OMNIBotics ; Présentation des moyennes, écarts type et moyennes quadratiques de leurs différences ; Proportion de cas dont la différence de ces valeurs est $\leq 1^\circ$	16
Tableau 3. Comparaison du nombre de genoux dont l'angle HKA mesuré est \leq à x degrés à la valeur planifiée, pour chacun des groupes.	18
Tableau 4. Comparaison du nombre de genoux dont l'angle Alpha ou Bêta mesuré est \leq à x degrés à la valeur planifiée, pour chacun des groupes.	19
Tableau 5. Comparaison de différents paramètres cliniques postopératoires entre les groupes OMNI et Non OMNI. Le changement d'axe est défini par le passage d'un varus préopératoire ($<177^\circ$) à un valgus postopératoire ($>183^\circ$) (et inversement) ou d'un alignement neutre ($180 \pm 3^\circ$) à un alignement en varus/valgus.	20

Liste des figures

- Figure 1.** Capture d'écran du moniteur au temps de la validation de la coupe tibiale par les capteurs optiques..... 11
- Figure 2.** Capture d'écran du moniteur aux temps « Planning fémur » (permettant de calculer l'alignement cible en fonction de la coupe tibiale déjà réalisée et de la coupe fémorale planifiée)..... 11
- Figure 3.** Capture d'écran du moniteur aux temps « Cinématique post opératoire » (permettant d'obtenir la mesure de l'alignement final post opératoire). 12
- Figure 4.** Représentation graphique de la proportion de genoux dont l'angle HKA mesuré par le système OMNIBotics est \leq à x degrés à la valeur planifiée. 16
- Figure 5.** Représentation graphique de la répartition des différents alignements postopératoires mesurés par le système OMNIBotics..... 17
- Figure 6.** Représentation graphique des résultats du tableau 3. 18
- Figure 7.** Représentation graphique des résultats du tableau 4. 19

Références

- [1] Hawker G, Wright J, Coyte P, Paul J, Dittus R, Croxford R, et al. Health-related quality of life after knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:163–73. <https://doi.org/10.2106/00004623-199802000-00003>.
- [2] Ethgen O, Bruyère O, Richy F, Dardennes C, Reginster J-Y. Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:963–74. <https://doi.org/10.2106/00004623-200405000-00012>.
- [3] Anderson JG, Wixson RL, Tsai D, Stulberg SD, Chang RW. Functional outcome and patient satisfaction in total knee patients over the age of 75. *J Arthroplasty* 1996;11:831–40. [https://doi.org/10.1016/s0883-5403\(96\)80183-5](https://doi.org/10.1016/s0883-5403(96)80183-5).
- [4] Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, Mahomed NN, Charron KDJ. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop* 2010;468:57–63. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1119-9>.
- [5] Noble PC, Gordon MJ, Weiss JM, Reddix RN, Conditt MA, Mathis KB. Does total knee replacement restore normal knee function? *Clin Orthop* 2005:157–65. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000150130.03519.fb>.
- [6] Gunaratne R, Pratt DN, Banda J, Fick DP, Khan RJK, Robertson BW. Patient Dissatisfaction Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. *J Arthroplasty* 2017;32:3854–60. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.07.021>.
- [7] Pietrzak J, Common H, Migaud H, Pasquier G, Girard J, Putman S. Have the frequency of and reasons for revision total knee arthroplasty changed since 2000? Comparison of two cohorts from the same hospital: 255 cases (2013-2016) and 68 cases (1991-1998). *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2019;105:639–45. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.01.025>.
- [8] Hadi M, Barlow T, Ahmed I, Dunbar M, McCulloch P, Griffin D. Does malalignment affect revision rate in total knee replacements: a systematic review of the literature. *SpringerPlus* 2015;4:835. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1604-4>.
- [9] Ritter MA, Davis KE, Meding JB, Pierson JL, Berend ME, Malinzak RA. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:1588–96. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00772>.
- [10] Gustke KA, Golladay GJ, Roche MW, Elson LC, Anderson CR. Primary TKA Patients with Quantifiably Balanced Soft-Tissue Achieve Significant Clinical Gains Sooner than Unbalanced Patients. *Adv Orthop* 2014;2014:628695. <https://doi.org/10.1155/2014/628695>.
- [11] Gustke KA, Golladay GJ, Roche MW, Jerry GJ, Elson LC, Anderson CR. Increased satisfaction after total knee replacement using sensor-guided technology. *Bone Jt J* 2014;96-B:1333–8. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B10.34068>.

- [12] Song E-K, Seon J-K, Yim J-H, Netravali NA, Bargar WL. Robotic-assisted TKA reduces postoperative alignment outliers and improves gap balance compared to conventional TKA. *Clin Orthop* 2013;471:118–26. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2407-3>.
- [13] Hampp EL, Chughtai M, Scholl LY, Sodhi N, Bhowmik-Stoker M, Jacofsky DJ, et al. Robotic-Arm Assisted Total Knee Arthroplasty Demonstrated Greater Accuracy and Precision to Plan Compared with Manual Techniques. *J Knee Surg* 2019;32:239–50. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1641729>.
- [14] Yohe N, Mont MA, Chen Z, Sultan AA. MAKO Robotic-Arm Assisted Total Knee Arthroplasty: Surgical Technique From the Office to the Operating Room. *Surg Technol Int* 2021;39:375–85.
- [15] Batailler C, Hannouche D, Benazzo F, Parratte S. Concepts and techniques of a new robotically assisted technique for total knee arthroplasty: the ROSA knee system. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:2049–58. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04048-y>.
- [16] Shatrov J, Murphy GT, Duong J, Fritsch B. Robotic-assisted total knee arthroplasty with the OMNIBot platform: a review of the principles of use and outcomes. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:2087–96. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04173-8>.
- [17] Kayani B, Konan S, Ayuob A, Onochie E, Al-Jabri T, Haddad FS. Robotic technology in total knee arthroplasty: a systematic review. *EFORT Open Rev* 2019;4:611–7. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.4.190022>.
- [18] Shalhoub S, Lawrence JM, Keggi JM, Randall AL, DeClaire JH, Plaskos C. Imageless, robotic-assisted total knee arthroplasty combined with a robotic tensioning system can help predict and achieve accurate postoperative ligament balance. *Arthroplasty Today* 2019;5:334–40. <https://doi.org/10.1016/j.artd.2019.07.003>.
- [19] Zaffagnini S, Bignozzi S, Saffarini M, Colle F, Sharma B, Kinov PS, et al. Comparison of stability and kinematics of the natural knee versus a PS TKA with a “third condyle.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2014;22:1778–85. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3016-3>.
- [20] Gaillard R, Lustig S, Peltier A, Villa V, Servien E, Neyret P. Total knee implant posterior stabilised by a third condyle: Design evolution and post-operative complications. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2016;102:1061–8. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.08.015>.
- [21] Harwin SF. The medial parapatellar approach to the knee. *J Knee Surg* 2003;16:43–7.
- [22] Stindel E, Gil D, Briard J-L, Merloz P, Dubrana F, Lefevre C. Detection of the center of the hip joint in computer-assisted surgery: an evaluation study of the Surgetics algorithm. *Comput Aided Surg Off J Int Soc Comput Aided Surg* 2005;10:133–9. <https://doi.org/10.3109/10929080500229975>.
- [23] Stindel E, Briard JL, Merloz P, Plaweski S, Dubrana F, Lefevre C, et al. Bone morphing: 3D morphological data for total knee arthroplasty. *Comput Aided Surg Off J Int Soc Comput Aided Surg* 2002;7:156–68. <https://doi.org/10.1002/igs.10042>.

- [24] Plaskos C, Cinquin P, Lavallée S, Hodgson AJ. Praxiteles: a miniature bone-mounted robot for minimal access total knee arthroplasty. *Int J Med Robot Comput Assist Surg MRCAS* 2005;1:67–79. <https://doi.org/10.1002/rcs.59>.
- [25] Figueroa F, Wakelin E, Twiggs J, Fritsch B. Comparison between navigated reported position and postoperative computed tomography to evaluate accuracy in a robotic navigation system in total knee arthroplasty. *The Knee* 2019;26:869–75. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.05.004>.
- [26] Barbotte F, Delord M, Pujol N. Coronal knee alignment measurements differ on long-standing radiographs vs. by navigation. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2022;108:103112. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.103112>.
- [27] Sorin G, Pasquier G, Drumez E, Arnould A, Migaud H, Putman S. Reproducibility of digital measurements of lower-limb deformity on plain radiographs and agreement with CT measurements. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 2016;102:423–8. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.02.009>.
- [28] Parratte S, Price AJ, Jeys LM, Jackson WF, Clarke HD. Accuracy of a New Robotically Assisted Technique for Total Knee Arthroplasty: A Cadaveric Study. *J Arthroplasty* 2019;34:2799–803. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.06.040>.
- [29] Shah SM. After 25 years of computer-navigated total knee arthroplasty, where do we stand today? *Arthroplasty Lond Engl* 2021;3:41. <https://doi.org/10.1186/s42836-021-00100-9>.
- [30] Mason JB, Fehring TK, Estok R, Banel D, Fahrbach K. Meta-analysis of alignment outcomes in computer-assisted total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty* 2007;22:1097–106. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2007.08.001>.
- [31] Bouché P-A, Corsia S, Dechartres A, Resche-Rigon M, Nizard R. Are There Differences in Accuracy or Outcomes Scores Among Navigated, Robotic, Patient-specific Instruments or Standard Cutting Guides in TKA? A Network Meta-analysis. *Clin Orthop* 2020;478:2105–16. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001324>.
- [32] Clark TC, Schmidt FH. Robot-Assisted Navigation versus Computer-Assisted Navigation in Primary Total Knee Arthroplasty: Efficiency and Accuracy. *ISRN Orthop* 2013;2013:794827. <https://doi.org/10.1155/2013/794827>.
- [33] Shalhoub S, Moschetti WE, Dabuzhsky L, Jevsevar DS, Keggi JM, Plaskos C. Laxity Profiles in the Native and Replaced Knee-Application to Robotic-Assisted Gap-Balancing Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 2018;33:3043–8. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.05.012>.
- [34] Sires JD, Craik JD, Wilson CJ. Accuracy of Bone Resection in MAKO Total Knee Robotic-Assisted Surgery. *J Knee Surg* 2021;34:745–8. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1700570>.
- [35] Kayani B, Konan S, Huq SS, Tahmassebi J, Haddad FS. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty has a learning curve of seven cases for integration into the surgical workflow but no learning curve effect for accuracy of implant positioning. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2019;27:1132–41. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5138-5>.

- [36] Vaidya N, Jaysingani TN, Panjwani T, Patil R, Deshpande A, Kesarkar A. Assessment of accuracy of an imageless hand-held robotic-assisted system in component positioning in total knee replacement: a prospective study. *J Robot Surg* 2022;16:361–7. <https://doi.org/10.1007/s11701-021-01249-w>.
- [37] Shin C, Crovetti C, Huo E, Lionberger D. Unsatisfactory accuracy of recent robotic assisting system ROSA for total knee arthroplasty. *J Exp Orthop* 2022;9:82. <https://doi.org/10.1186/s40634-022-00522-7>.
- [38] Vanlommel L, Neven E, Anderson MB, Bruckers L, Truijen J. The initial learning curve for the ROSA® Knee System can be achieved in 6-11 cases for operative time and has similar 90-day complication rates with improved implant alignment compared to manual instrumentation in total knee arthroplasty. *J Exp Orthop* 2021;8:119. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00438-8>.
- [39] Li C, Zhang Z, Wang G, Rong C, Zhu W, Lu X, et al. Accuracies of bone resection, implant position, and limb alignment in robotic-arm-assisted total knee arthroplasty: a prospective single-centre study. *J Orthop Surg* 2022;17:61. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02957-1>.
- [40] Deckey DG, Rosenow CS, Verhey JT, Brinkman JC, Mayfield CK, Clarke HD, et al. Robotic-assisted total knee arthroplasty improves accuracy and precision compared to conventional techniques. *Bone Jt J* 2021;103-B:74–80. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B6.BJJ-2020-2003.R1>.
- [41] Savov P, Tuecking L-R, Windhagen H, Ehmig J, Ettinger M. Imageless robotic handpiece-assisted total knee arthroplasty: a learning curve analysis of surgical time and alignment accuracy. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:2119–28. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04036-2>.
- [42] Bollars P, Boeckxstaens A, Mievis J, Kalaai S, Schotanus MGM, Janssen D. Preliminary experience with an image-free handheld robot for total knee arthroplasty: 77 cases compared with a matched control group. *Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol* 2020;30:723–9. <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02624-3>.
- [43] Liu H-X, Shang P, Ying X-Z, Zhang Y. Shorter survival rate in varus-aligned knees after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2016;24:2663–71. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3781-7>.
- [44] Blakeney WG, Vendittoli P-A. Restricted Kinematic Alignment: The Ideal Compromise? In: Rivière C, Vendittoli P-A, editors. *Pers. Hip Knee Jt. Replace.*, Cham (CH): Springer; 2020.
- [45] Vendittoli P-A, Martinov S, Blakeney WG. Restricted Kinematic Alignment, the Fundamentals, and Clinical Applications. *Front Surg* 2021;8:697020. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.697020>.
- [46] Wakelin EA, Shalhoub S, Lawrence JM, Keggi JM, DeClaire JH, Randall AL, et al. Improved total knee arthroplasty pain outcome when joint gap targets are achieved throughout flexion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2022;30:939–47. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06482-2>.
- [47] Vermue H, Batailler C, Monk P, Haddad F, Luyckx T, Lustig S. The evolution of robotic systems for total knee arthroplasty, each system must be assessed for its own value: a systematic review of clinical evidence and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04632-w>.

- [48] Martín-Hernández C, Sanz-Sainz M, Revenga-Giertych C, Hernández-Vaquero D, Fernández-Carreira JM, Albareda-Albareda J, et al. Navigated versus conventional total knee arthroplasty: A prospective study at three years follow-up. *Rev Espanola Cirugia Ortop Traumatol Engl Ed* 2018;62:282–9. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2018.01.001>.
- [49] Marques Luís N, Varatojo R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Rev* 2021;6:487–94. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.210015>.
- [50] Choi H-U, Kim D-H, Lee S-W, Choi B-C, Bae K-C. Comparison of Lower-Limb Alignment in Patients with Advanced Knee Osteoarthritis: EOS Biplanar Stereoradiography versus Conventional Scanography. *Clin Orthop Surg* 2022;14:370–6. <https://doi.org/10.4055/cios21050>.
- [51] Blum CL, Lepkowsky E, Hussein A, Wakelin EA, Plaskos C, Koenig JA. Patient expectations and satisfaction in robotic-assisted total knee arthroplasty: a prospective two-year outcome study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:2155–64. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04067-9>.
- [52] Keggi JM, Wakelin EA, Koenig JA, Lawrence JM, Randall AL, Ponder CE, et al. Impact of intra-operative predictive ligament balance on post-operative balance and patient outcome in TKA: a prospective multicenter study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:2165–74. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-04043-3>.
- [53] Agarwal N, To K, McDonnell S, Khan W. Clinical and Radiological Outcomes in Robotic-Assisted Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Arthroplasty* 2020;35:3393-3409.e2. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.03.005>.
- [54] Kort N, Stirling P, Pilot P, Müller JH. Robot-assisted knee arthroplasty improves component positioning and alignment, but results are inconclusive on whether it improves clinical scores or reduces complications and revisions: a systematic overview of meta-analyses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2022;30:2639–53. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06472-4>.

AUTEUR : **Nom :** PASCAL **Prénom :** Adrien

Date de soutenance : 20 Octobre 2022

Titre de la thèse : Etude de précision et comparaison à une série conventionnelle d'un système robotisé pour PTG.

Thèse - Médecine - Lille 2022

Cadre de classement : Médecine

DES + FST/option : Chirurgie Orthopédique et Traumatologie

Mots-clés : OMNIBotics, PTG, Robot, Comparaison, HKA, Pangenogramme

Résumé :

INTRODUCTION : L'impact des assistances robotiques en chirurgie orthopédique de genou reste encore largement méconnu du fait d'un essor récent de ces technologies. Ces systèmes sembleraient offrir une précision et une reproductibilité supérieure aux techniques conventionnelles. Le but de cette étude était d'évaluer la précision du système OMNIBotics puis de la comparer à un ancillaire conventionnel.

METHODE : 2 groupes de 53 patients ont bénéficié d'une PTG identique (HLS Kneetec). Les analyses de précision ont été réalisées sur le groupe OMNI (opéré par l'OMNIBotics) à partir des données fournies par le système. Celui-ci a ensuite été comparé à un groupe de patient opérés à l'aide d'un ancillaire conventionnel (Non OMNI) à partir des données mesurées sur des pangenogrammes à 3 mois postopératoires.

RESULTATS : Aucune différence significative n'était retrouvée entre les valeurs d'angle HKA planifié et celles mesurées par le système en fin d'intervention ($p=1,000$). L'erreur moyenne mesurée était de $1,35^\circ$ et la proportion d'*outliers* de 4%. Le groupe OMNI retrouvait une différence statistiquement plus importante de patients dont l'angle HKA mesuré était $\leq 1^\circ$ à la valeur cible que dans le groupe Non OMNI ($p=0,032$). Le nombre d'*outliers* était significativement inférieur dans le groupe OMNI ($p=0,038$).

CONCLUSION : Le système OMNIBotics était plus précis que l'ancillaire conventionnel dans notre étude.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Henri MIGAUD

Assesseurs : Monsieur le Professeur Gilles PASQUIER

Monsieur le Professeur Julien GIRARD

Madame la Docteur (MCU) Sophie PUTMAN

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Olivier TOSTAIN

