



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



LABORATOIRE
de MÉCANIQUE
et GÉNIE CIVIL

Le genou prothétique « augmenté »

Mythe ou réalité?

Louis DAGNEAUX, M.D. Ph.D.

*Department of Lower-limb Orthopedic Surgery, University Hospital of Montpellier, France
LMGC, CNRS, Univ. Montpellier, France
Research Collaborator, Mayo Clinic, Rochester, USA*





Le genou prothétique « augmenté »

Être vivant



Fonction articulaire

Cahier des charges

(anatomie, physiologie, mécanique...)

Le genou prothétique « augmenté »

Être vivant

Fonction articulaire

Cahier des charges
(anatomie, physiologie, mécanique...)

Être vivant / implant (Biocompatibilité)

Fonction articulaire / qualité de vie

Cahier des charges différent
(anatomie, physiologie, mécanique...)

Le genou prothétique « augmenté »

Être vivant

Fonction articulaire

Cahier des charges
(anatomie, physiologie, mécanique...)

Plus-value / Problèmes

Médecine = dirigée vers le patient

Moderne / nouvelles technologies

Être vivant / implant (Biocompatibilité)

Fonction articulaire / qualité de vie

Cahier des charges différent
(anatomie, physiologie, mécanique...)

1. C'est quoi,
une prothèse de genou?

ARTICULATION DU GENOU



OS: fémur / tibia / rotule

Cartilage

Ménisques

Ligaments: Croisés / collatéraux

Muscles: quadriceps +++



L'arthrose vue par le chirurgien orthopédique

OSTEOARTHRITIS



L'arthrose vue par le chirurgien orthopédique

OSTEOARTHRITIS

Définition STATIQUE

Répartition des contraintes

F/S (N.m²)



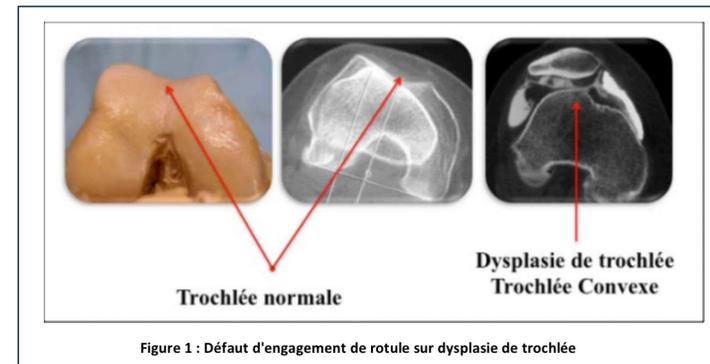


L'arthrose vue par le chirurgien orthopédique

OSTEOARTHRITIS

Définition DYNAMIQUE

Conformation
articulaire



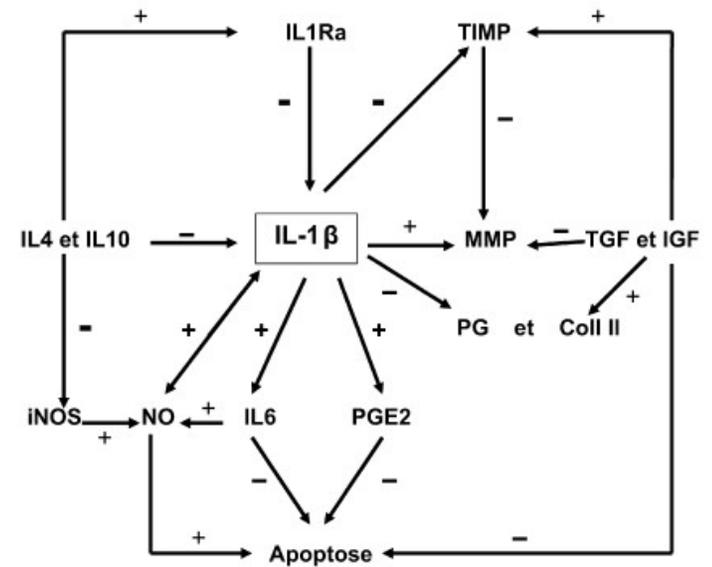


L'arthrose vue par le chirurgien orthopédique

OSTEOARTHRITIS

Définition BIOLOGIQUE

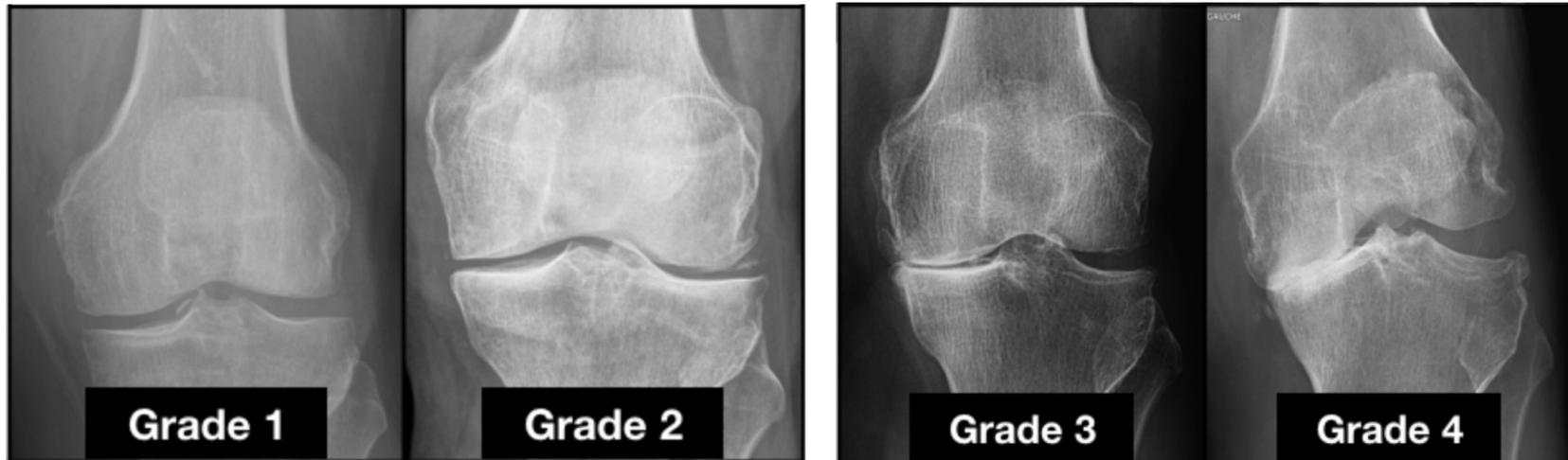
Inflammation
chronique des
chondrocytes





Atteinte radiologique fémorotibiale

Classification radiologique d'**AHLBACK**



Dejour D, Allain J. Histoire naturelle de l'arthrose fémorotibiale. RCO, 2004



Spécificités de l'arthrose fémoropatellaire (FP)

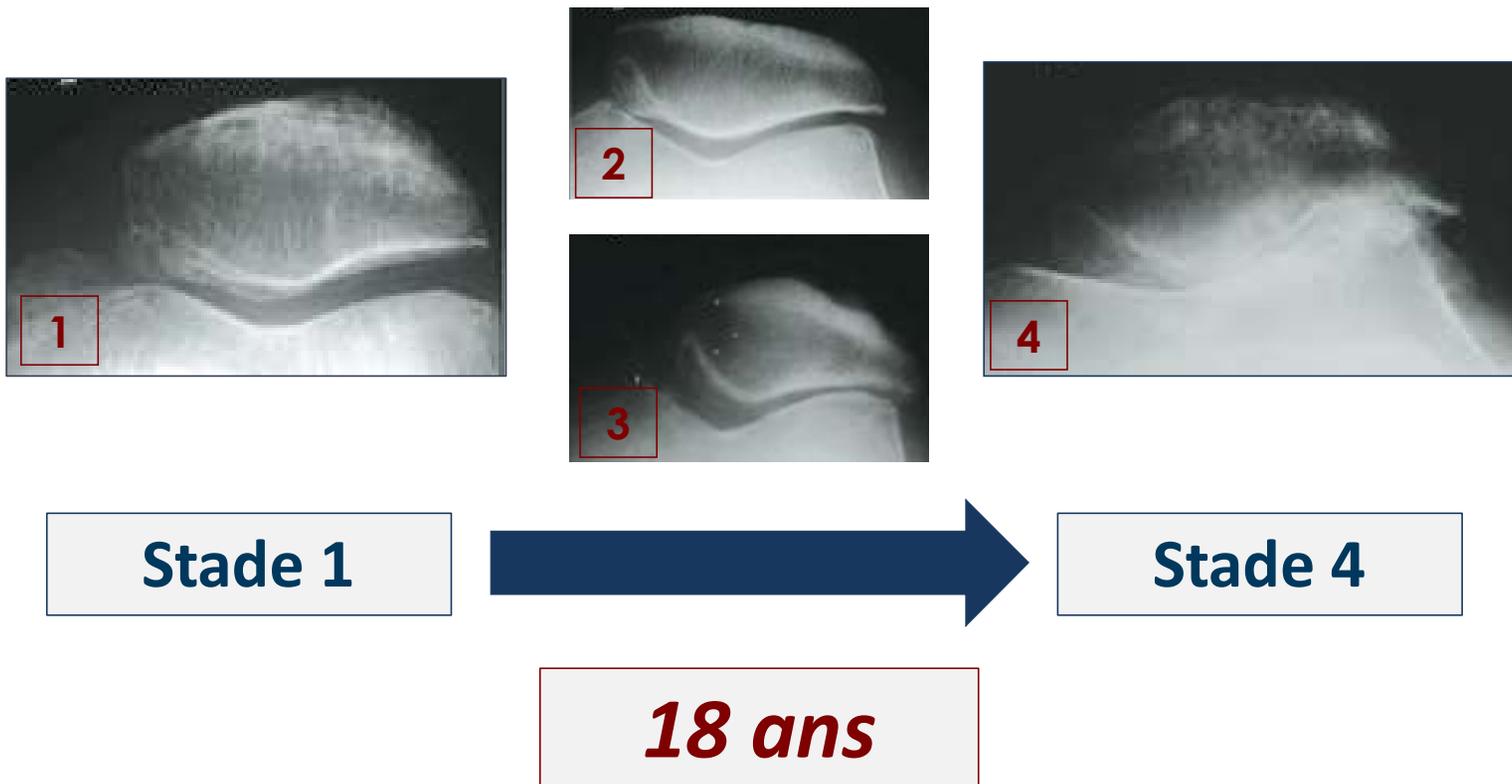




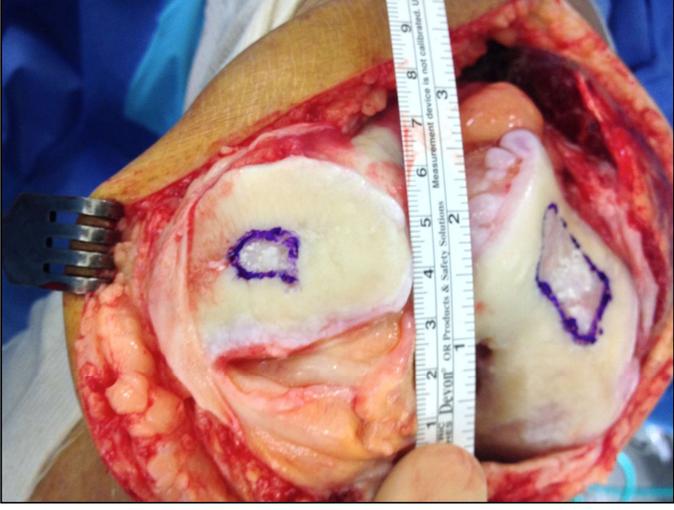
Atteinte radiologique fémoropatellaire

Classification radiologique d'**IWANO**

Clin Orthop 1990



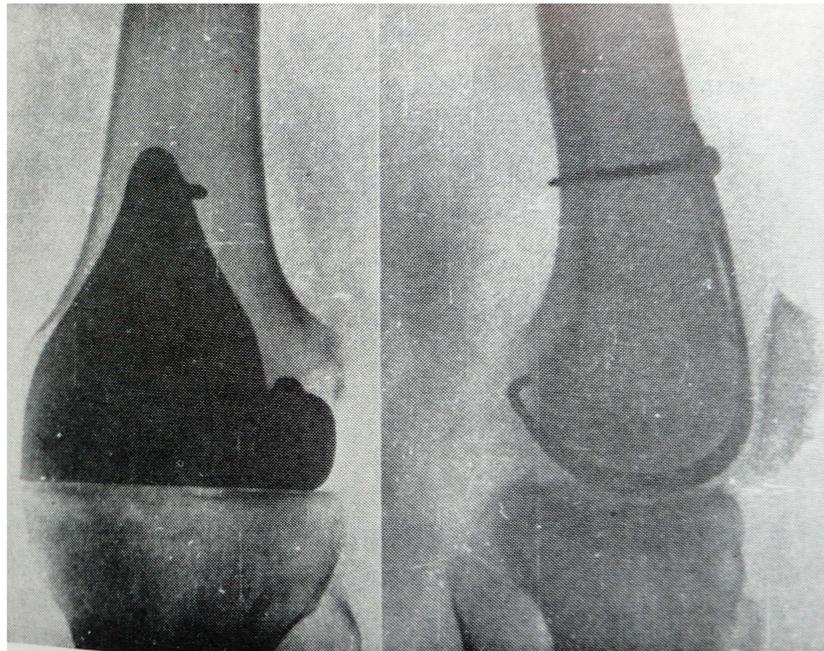
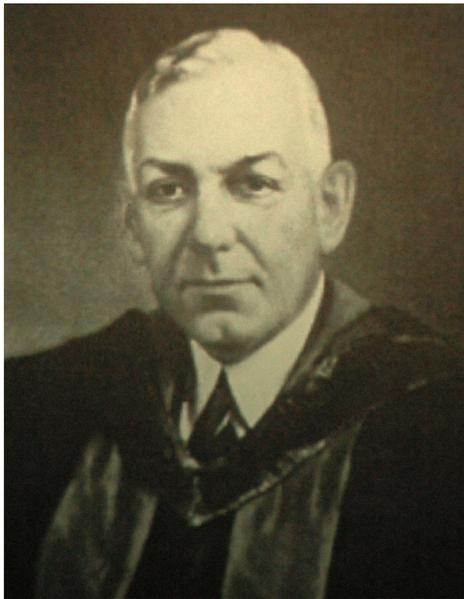
Dejour D, Allain J. Histoire naturelle de l'arthrose fémoropatellaire isolée. RCO, 2004



CAMPBELL et BOYD : 1938

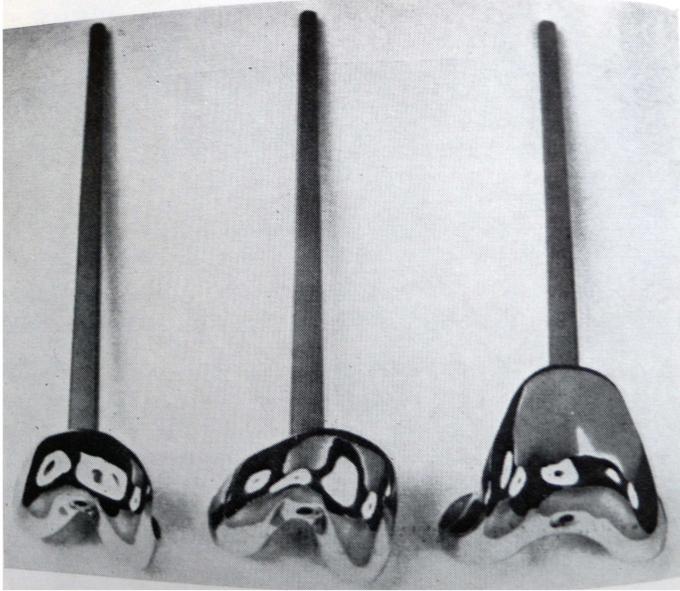
American Academy of Orthopaedic Surgery

- Plaques de vitallium moulées sur les condyles

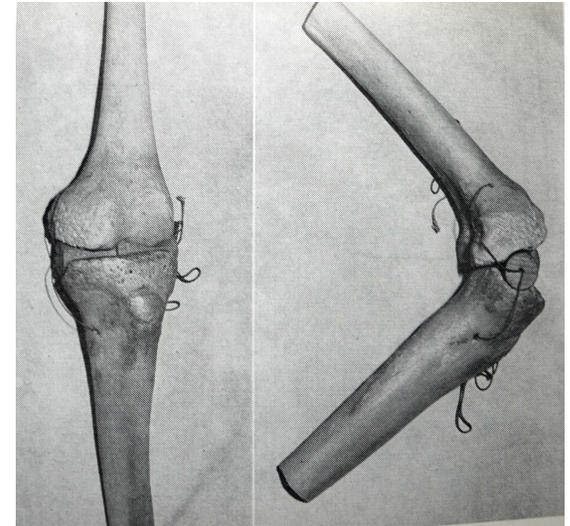
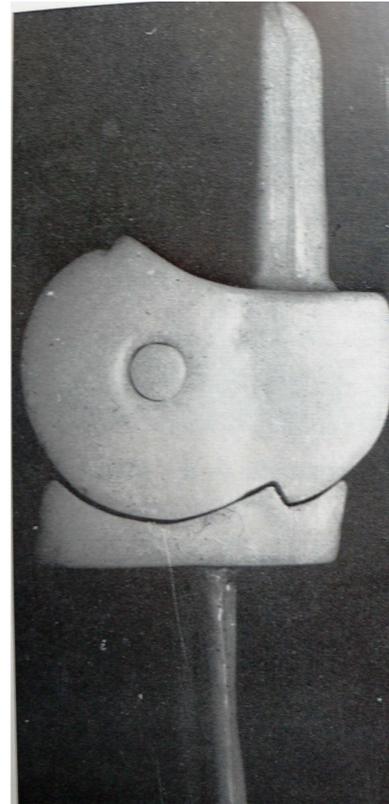




1940 Premier modèle: moule condylien mobile.
1950-52 Tige centro-médullaire; évolution vers la
M.G.H(Massachussets General Hospital)

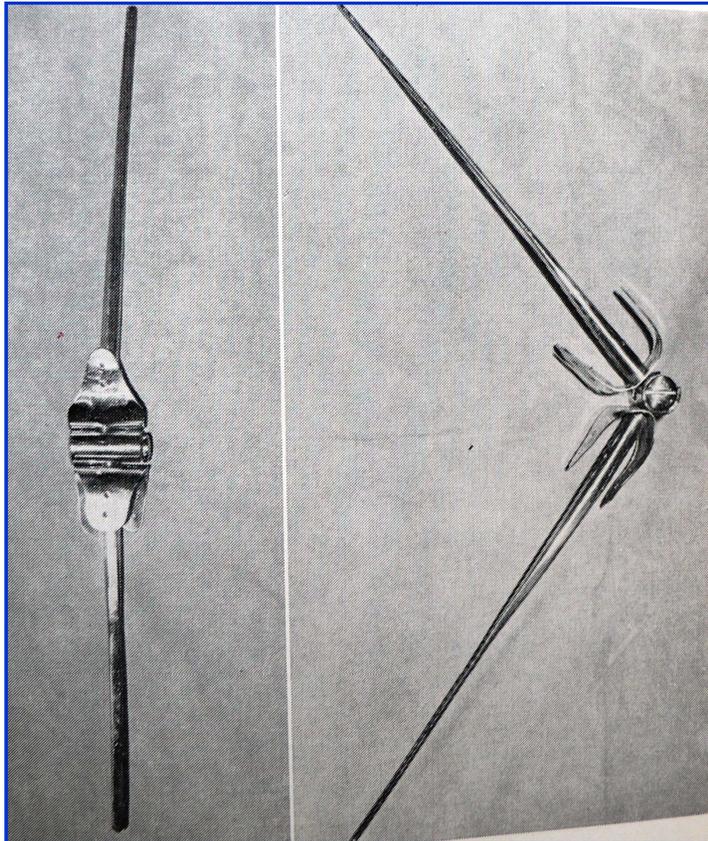


1947: Robert et Jean JUDET

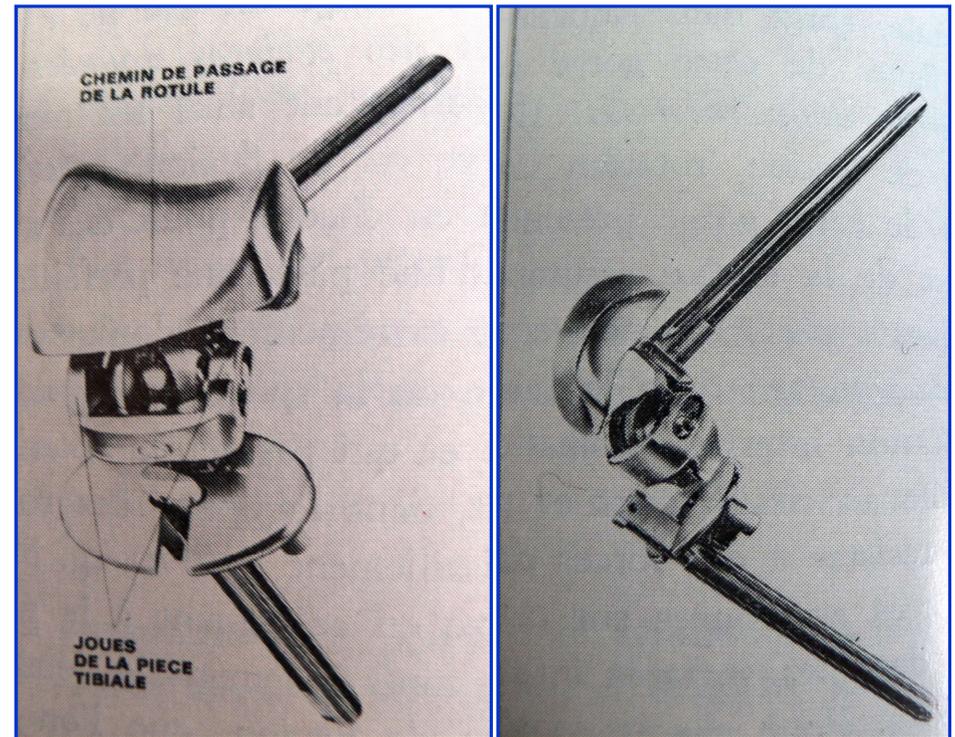




1953: Prothèse « hirondelle » de Merle d'Aubigné



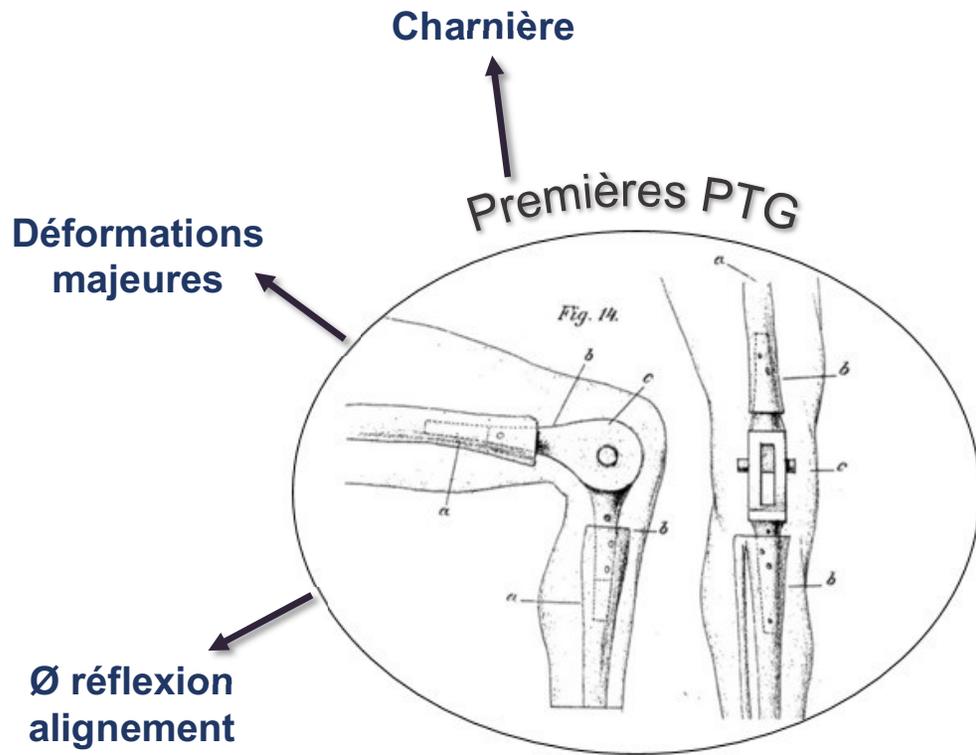
1971: BOUSQUET et TRILLAT



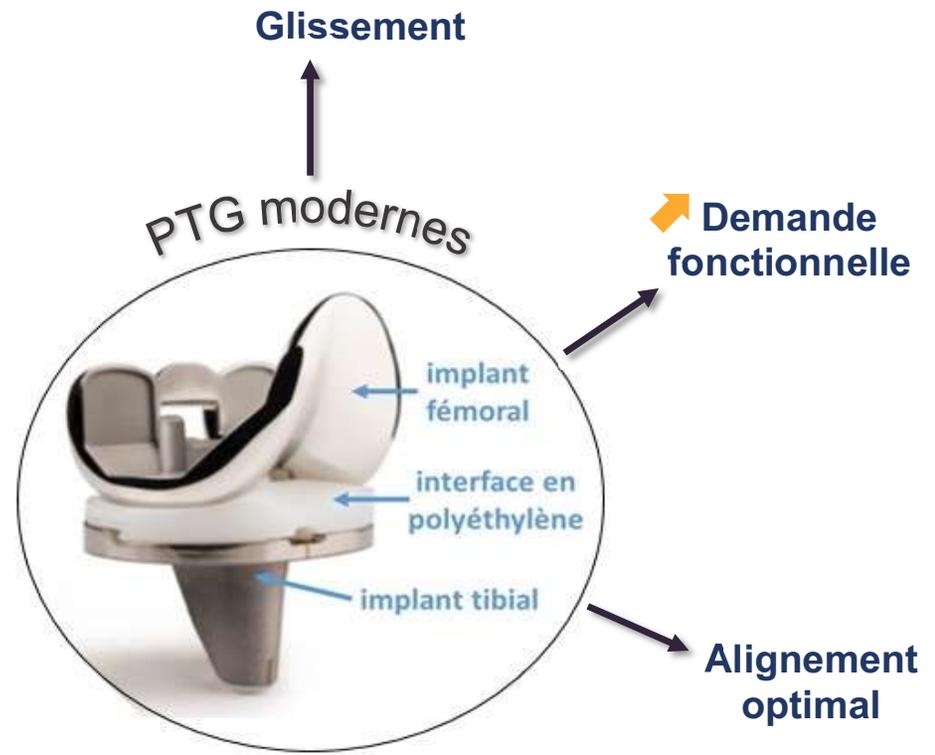


La prothèse totale de genou moderne





Schémas illustrés d'une PTG selon Themistoclès Von Glück, 1890



PTG postéro-stabilisée



La mise en place d'une PTG....

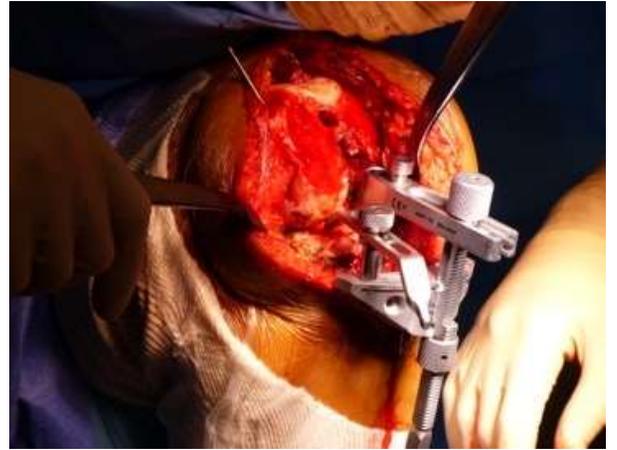
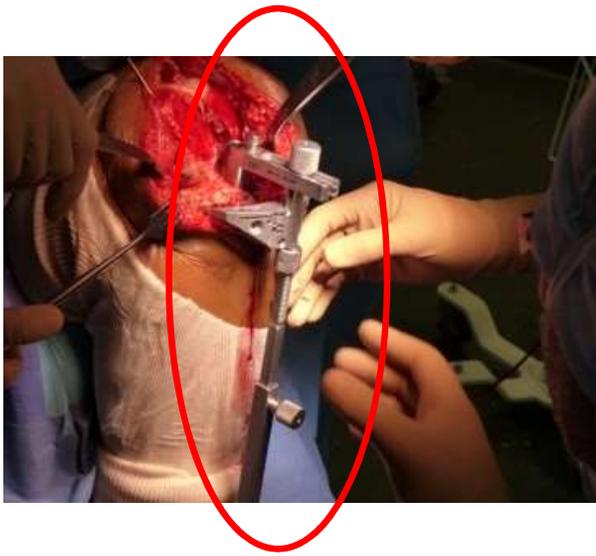
L'INSTANT BLOC OPÉRATOIRE...

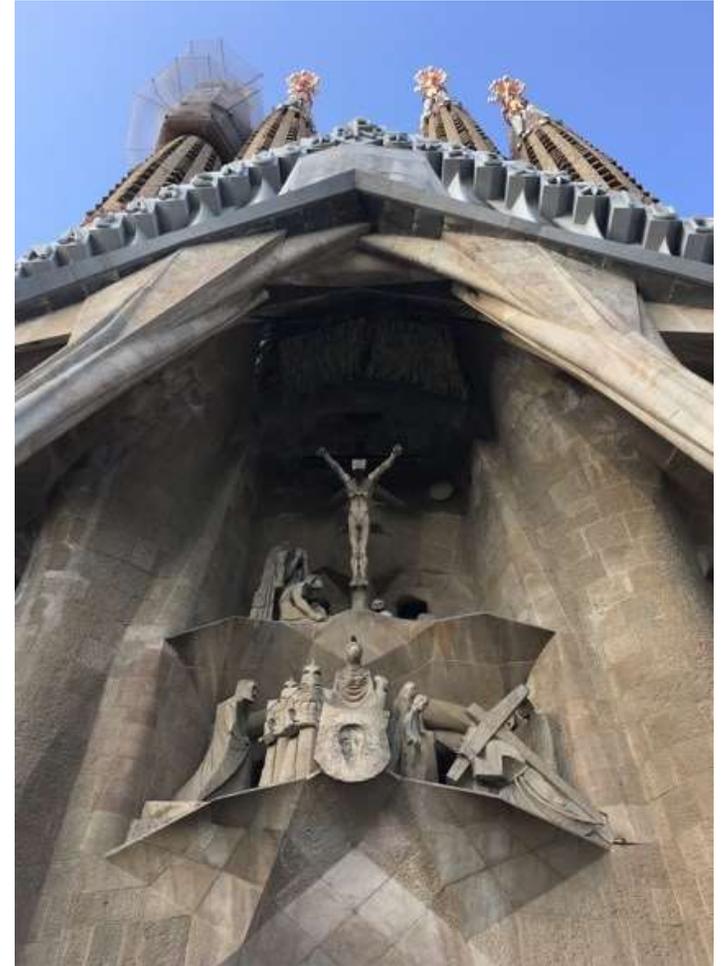
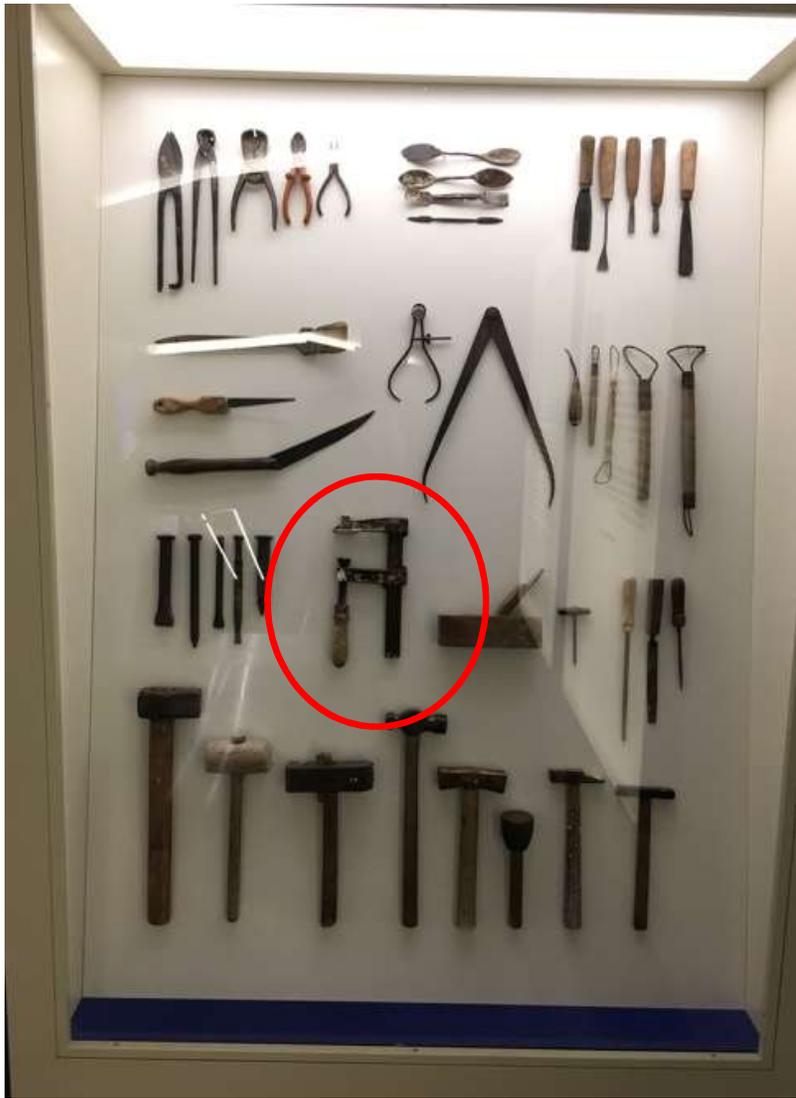




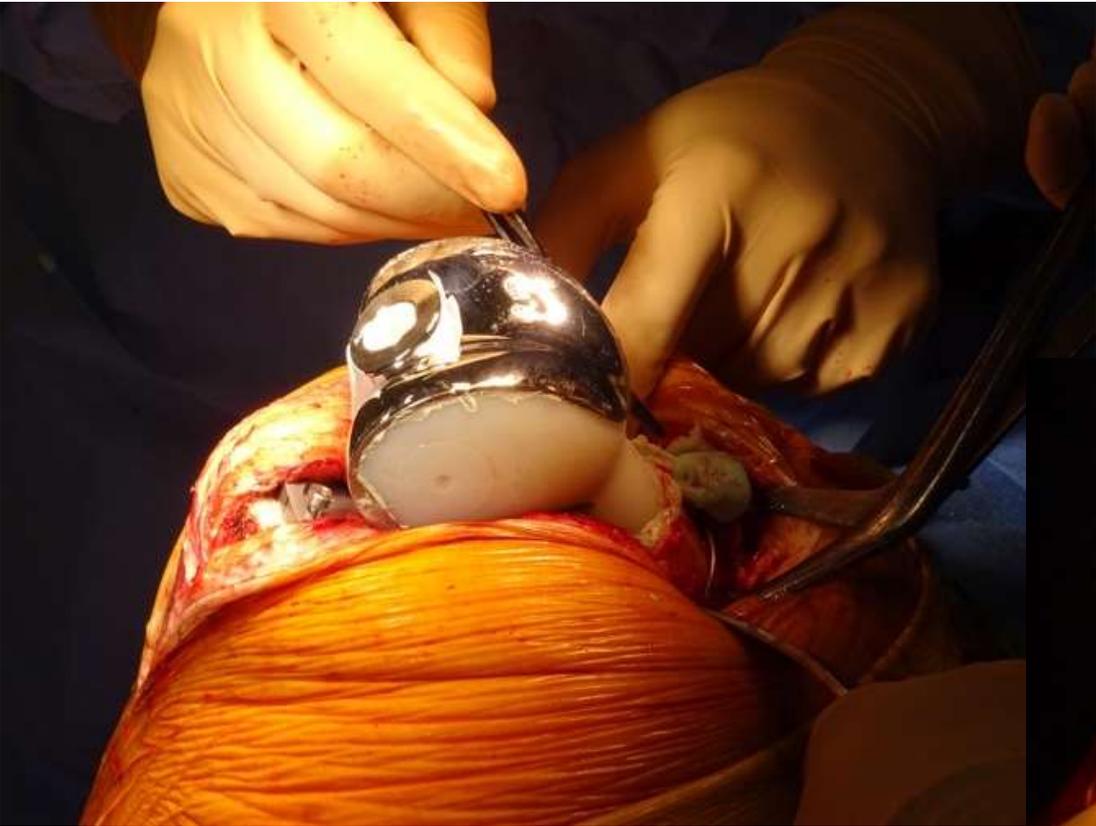


ALANCIENNE









Remplacement des surfaces articulaires

Mécanique et anatomie altérée

Compatibilité avec le vivant
(fixation / matériaux / cinématique)

2. Comprendre la problématique de la prothèse



Stratégie chirurgicale dans la gonarthrose

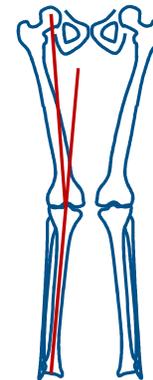
QUAND PENSER À LA CHIRURGIE ? LA CLINIQUE !!!

DOULEUR → *Traitement médicale bien conduit
Intérêt choix thérapeutique*

RAIDEUR → *Kinésithérapie bien conduite
Intérêt choix thérapeutique*

PERTE D'AUTONOMIE → **HANDICAP ET QUALITÉ DE VIE**

DÉFORMATION → *Traitement par orthèses
Intérêt choix thérapeutique*





Comment encadrer la récupération rapide avec le Kinésithérapeute...

267

Résultats fonctionnels et qualité de vie après prothèse totale de genou : revue récente de la littérature

L. DAGNEAUX, F. CANOVAS

Introduction

Les très bons résultats fonctionnels des PTG sont le fruit d'une meilleure compréhension de la cinématique du genou, de la prise en considération de la composante fémoropatellaire, d'une amélioration du dessin des implants prothétiques, des biomatériaux et des techniques de fixation. Les objectifs du patient et du chirurgien sont, si possible, d'obtenir un « genou oublié ». Cet objectif est parfois difficile à atteindre car les patients sont de plus en plus exigeants en termes de fonction, de sollicitations sportives et de qualité de vie. Ainsi dans les séries de la littérature, jusqu'à 20 à 30 % des patients sont insatisfaits. Il est donc intéressant pour tout chirurgien réalisant des PTG de bien comprendre les facteurs influençant la fonction et la qualité de vie de nos patients. Nous présentons ici une revue de la littérature récente des résultats fonctionnels et de la qualité de vie après PTG, afin de critiquer certaines idées reçues et de dégager les points-clés nécessaires à la compréhension de cet enjeu.

Ce que l'on peut attendre d'une PTG

Résultats fonctionnels

L'objectif d'une PTG est de retrouver un genou mobile, stable et indolore. Le symposium de la SOFCOT publié en 2013 a permis d'établir les résultats des PTG au recul minimum de dix ans, à partir d'une expérience

l'utilisation de différents dessins d'implants, et ce quelle que soit la restitution de l'alignement du membre inférieur (169-189 degrés). Dans une méta-analyse sur la qualité de vie après PTG incluant 19 études (de niveaux I à IV) et 5110 PTG de différents modèles, Shan *et al.* ont récemment rapporté une amélioration de la qualité de vie [2]. En effet, dans cette étude, la majorité des patients (plus de 75 % à 11,7 ans de recul) étaient satisfaits de leur prothèse au quotidien, avec un bénéfice direct sur la réalisation de leurs activités quotidiennes [2], malgré une grande variabilité dans les pratiques chirurgicales et les séries, avec un coefficient d'hétérogénéité I² de 90 à 98 %.

Variabilité des résultats

Si la variabilité méthodologique rend difficile l'extrapolation des résultats, il convient de noter qu'il existe une importante variabilité des résultats dans le temps. Dans les séries, la majorité du gain fonctionnel était retrouvée dans la première année postopératoire [2]. Cette variation au cours de la première année postopératoire était confirmée par Pivec *et al.* dans une étude prospective de qualité de vie incluant 281 patients [3]. Les scores « physiques » étaient améliorés tout au long de l'année, alors que les scores « psychologiques » diminuaient au cours des six premiers mois. L'influence de cette dimension psychologique au délai de six mois était également retrouvée dans une récente revue systématisée comme facteur prédictif de dou-

MISE AU POINT

PEUT-ON REPRENDRE LE SPORT APRÈS UNE PROTHÈSE TOTALE DE GENOU ?

Louis DAGNEAUX, Julien BOURLEZ, François CANOVAS

Département de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie, Unité de Chirurgie du membre inférieur et du rachis, Hôpital Lapeyronie, CHRU Montpellier, 34295 Montpellier

La prothèse totale de genou (PTG) est associée à haut niveau de satisfaction pour le patient, conférant des avantages significatifs à moyen et long terme concernant la qualité de vie, en particulier la douleur et la fonction. Le nombre de PTG devrait augmenter de plus de 670% d'ici 2030 [1]. Cette augmentation contribue à l'amélioration des techniques chirurgicales et de la conception des implants. Simultanément, les exigences et les attentes fonctionnelles des patients ont évolué vers des activités récréatives ou des sports après leur chirurgie du genou [2]. Néanmoins, la littérature rapporte un taux d'insatisfaction variable mais constant, jusqu'à 30% des patients.

Auteur	Revue	Année	Série	Recul	Principaux résultats
Bradbury	The American journal of sports medicine	1998	160	5 ans	Meilleurs résultats chez les patients sportifs avant PTG
Iorio	Clinical Orthopaedics and Related Research	2006	511	Review	Activité physique post opératoire corrélée à l'âge, au sexe, à l'activité post opératoire attendue, au stock osseux, à l'état de santé, à l'activité pré opératoire
Dahm	Journal of Arthroplasty	2008	1206	5,7 ans	Meilleurs résultats si âge < 70ans et sexe masculin
Bonnin	Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy	2010	347	44 mois	Les résultats dépendent de l'activité physique pré-opératoire et de la motivation
Golan	Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases	2010		Review	Les résultats dépendent de la participation au sport l'année avant l'intervention
Williams	Clinical Orthopaedics and Related Research	2012	736	11 mois	Meilleurs résultats fonctionnels en fonction de l'âge, du sexe masculin, de l'IMC et du niveau d'activité pré-opératoire
Jassin	The Bone & Joint Journal	2014		Review	Reprise rapide des patients jeunes et actifs, bénéfice d'une expérience technique dans le sport, pas de diminution de survie des patients actifs

Tableau 1.

cardio-vasculaires. En terme de activités sportives pour pouvoir **Facteurs liés à la prothèse :** Dans le cas des prothèses unicom-



Premiers résultats sur la RAAC



Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2012) 20:1128–1135
DOI 10.1007/s00167-012-1919-4

KNEE

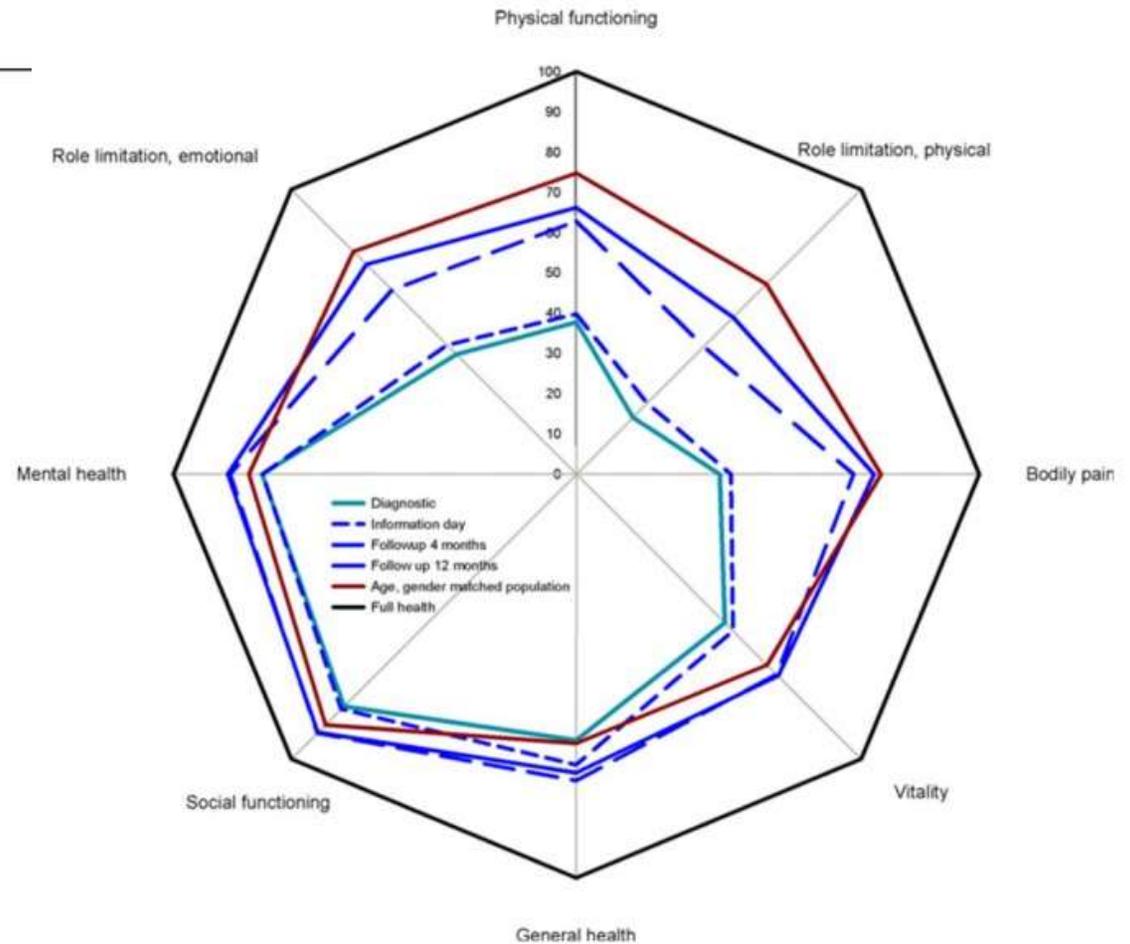
Patient-reported outcome after fast-track knee arthroplasty

Kristian Larsen · Torben B. Hansen ·
Kjeld Søballe · Henrik Kehlet

Progression de la qualité de vie selon les
composantes du SF-36

Amélioration de la fonction et de la qualité de
vie à 4 et 12 mois (SF-36 et HRQOL)

Obligation d'être associée à une rééducation
postopératoire soutenue



[1] Larsen K, Hansen TB, Søballe K, et al. Patient-reported outcome after fast-track knee arthroplasty. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012 ; 20 : 1128–35.



Résultats des PTG

- Survie des PTG : **85-90% à 15 ans**
- **15-20% de patients insatisfaits**
45% de douleurs antérieures résiduelles du genou
- Malgré évolution des implants et progrès technologiques (navigation, robotique)

Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 104 (2018) 541–546

Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com/en

ELSEVIER

Review article

Quality of life after total knee arthroplasty

F. Canovas*, L. Dagneaux

Department of Orthopedic and Trauma Surgery, Upper limb and Spine Surgery Unit, Hôpital Lapeyronie, CHRU de Montpellier, 351, avenue du Doyen-Gaston-Giraud, 34295 Montpellier, France

CrossMark

THE BONE & JOINT JOURNAL

■ **MANAGEMENT FACTORIALS IN TOTAL KNEE ARTHROPLASTY**

Patient dissatisfaction following total knee replacement

A GROWING CONCERN?



Problématique = Insatisfaction

Résultats des PTG sont moins univoques que ceux des PTH [1]

Bons résultats confirmés par un rapport national multicentrique [2]

Méta-analyse: taux de satisfaction 75% à 5 ans [3]

Taux d'insatisfaction variable jusqu'à 30%

Table 3. Comparison of patients undergoing primary THA and TKA with regard to willingness to have surgery again

WOMAC outcome		Hip	Knee	Significance*
Preoperative	Pain	41.61 ± 17.06	43.38 ± 16.82	0.004
	Joint stiffness	38.72 ± 19.67	40.16 ± 20.31	0.047
	Function	37.94 ± 16.55	42.36 ± 16.24	< 0.0001
	Total	38.77 ± 15.80	42.39 ± 15.04	< 0.0001
1 year	Pain	91.11 ± 13.85	86.24 ± 16.31	< 0.0001
	Joint stiffness	87.24 ± 16.27	79.42 ± 19.70	< 0.0001
	Function	86.04 ± 15.47	80.88 ± 17.62	< 0.0001
	Total	87.20 ± 14.34	81.88 ± 16.64	< 0.0001
Change	Pain	49.70 ± 19.62	42.04 ± 20.62	< 0.0001
	Joint stiffness	47.90 ± 23.88	38.08 ± 25.01	< 0.0001
	Function	47.79 ± 20.26	37.98 ± 20.85	< 0.0001
	Total	48.17 ± 19.05	38.84 ± 19.74	< 0.0001

* Significance was found at the level of 0.05; all WOMAC domains scores were significant between joint arthroplasty groups.

[1] Bourne RB, Chesworth B, Davis A, Mahomed N, Charron K. Comparing patient outcomes after THA and TKA: is there a difference? Clin Orthop 2010;468:542–6. doi:10.1007/s11999-009-1046-9.

[2] Argenson J-N, Boigard S, Parratte S, Descamps S, Bercovy M, Bonneville P, et al. Survival analysis of total knee arthroplasty at a minimum 10 years' follow-up: A multicenter French nationwide study including 846 cases. Orthop Traumatol Surg Res 2013;99:385–90. doi:10.1016/j.otsr.2013.03.014.

[3] Shan L, Shan B, Suzuki A, Nouh F, Saxena A. Intermediate and Long-Term Quality of Life After Total Knee Replacement: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Bone Jt Surg-Am Vol 2015;97:156–68. doi:10.2106/JBJS.M.00372.



1. Quelles insatisfactions ?



La satisfaction du patient est fortement corrélée à sa capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne selon Nakahara et al. [1]

Particulièrement pour les patients jeunes et sportifs

Monter et descendre les escaliers	F=7.66
Monter et descendre de voiture	F=7.53
Marcher et rester debout	F=10.70
Faire un pas latéralement	F=7.23
Pouvoir s'accroupir	F=11.98



Capacité à réaliser les activités de la vie courante

[1] Nakahara H, Okazaki K, Mizu-Uchi H, et al. Correlations between patient satisfaction and ability to perform daily activities after total knee arthroplasty : why aren't patients satisfied ? J Orthop Sci Off J Jpn Orthop Assoc 2015 ; 20 : 87–92.



2. Le retour au sport



Le taux de retour au sport est extrêmement variable [1]

Taux de 36 à 89%

Seuls 1/3 retournent au même niveau sportif

Ce taux est nettement plus élevé concernant les prothèses unicompartmentales (74-100%)

→ **3 FACTEURS SONT À PRENDRE EN COMPTE DANS LE RETOUR AU SPORT:**

Le délai post-opératoire

Le type d'activité sportive

Le niveau de sollicitation physique de cette activité

[1] Witjes S, Goutteborge V, Kuijjer PPFM, et al. Return to Sports and Physical Activity After Total and Unicompartmental Knee Arthroplasty : A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med 2016; 46 : 269–92.



Enjeux de santé publique

Prothèse totale de genou (PTG) = intervention la plus pratiquée avec la prothèse totale de hanche (PTH) [1,2]

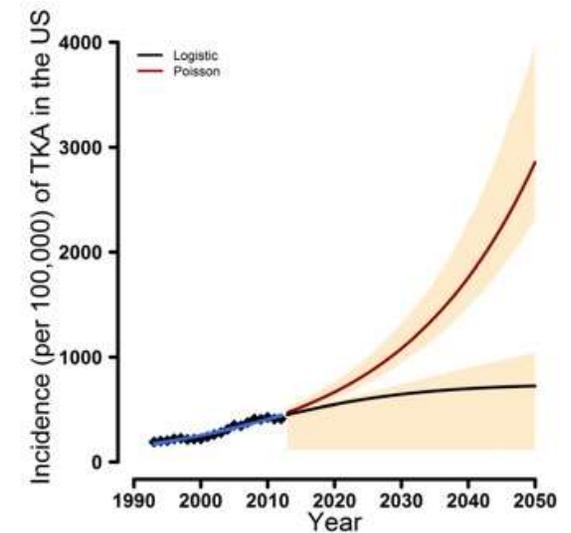


3,5 millions de procédures par an en 2030 aux USA
Augmentation minimum de 143% d'ici 2050 aux USA



Données ATIH 2016: 100000 PTG / an en France
11574 PUC et PFP / an

→ CROISSANCE CONTINUE ET EXPONENTIELLE



[1] Inacio MCS, Paxton EW, Graves SE, Namba RS, Nemes S, Projected Increase in Total Knee Arthroplasty in the United States - an Alternative Projection Model, Osteoarthritis and Cartilage (2017), doi: 10.1016/j.joca.2017.07.022.

[2] <http://www.atih.sante.fr/acces-aux-donnees/bases-de-donnees>

140 000

500



Variabilité importante des anatomies

Concept de varus constitutionnel



Bellemans *et al.*

500 genoux sains

Varus HKA < 177°

32% ♂
17% ♀

The Chitranjan Ranawat Award

Is Neutral Mechanical Alignment Normal for All Patients?

The Concept of Constitutional Varus

Johan Bellemans MD, PhD, William Colyn MD,
Hilde Vandenuecker MD, Jan Victor MD, PhD

CORR, 2012

Concept de phénotype de genou

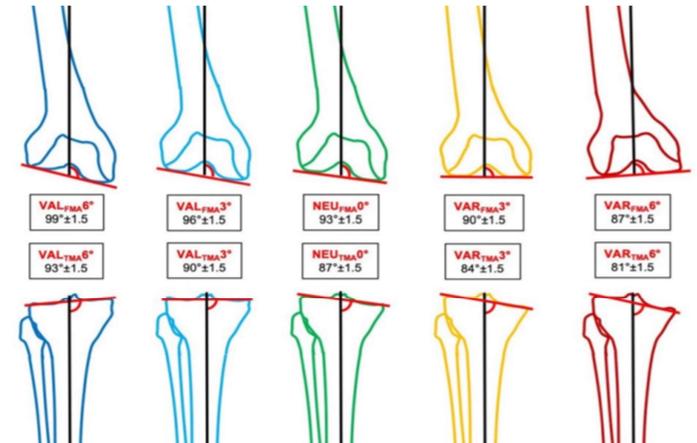
- Hirschmann *et al.* (KSSTA, 2019)

43 phénotypes

- 308 genoux sains

→ déformation globale (HKA)

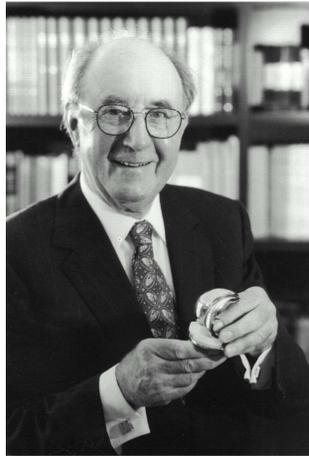
→ obliquité fémur (AFM) / tibia (ATM)



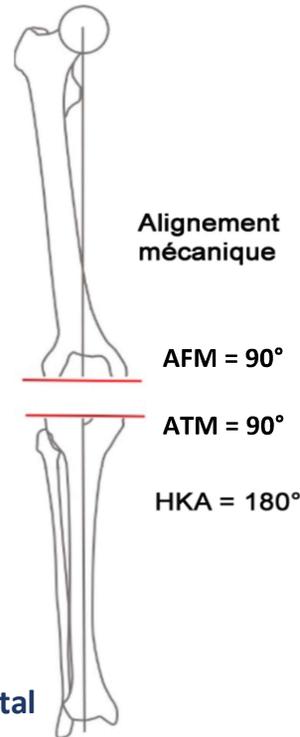


Alignement mécanique / Alignement anatomique

- Mécanique



John Insall



- Anatomique

Objectif alignement neutre dans le plan frontal
Interligne perpendiculaire

Résections osseuses asymétriques + **équilibrage ligamentaire**

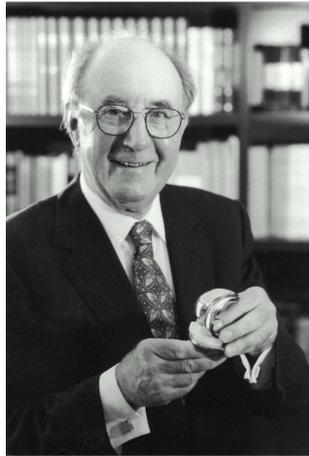
Environnement biomécanique favorable

Survie optimale des implants

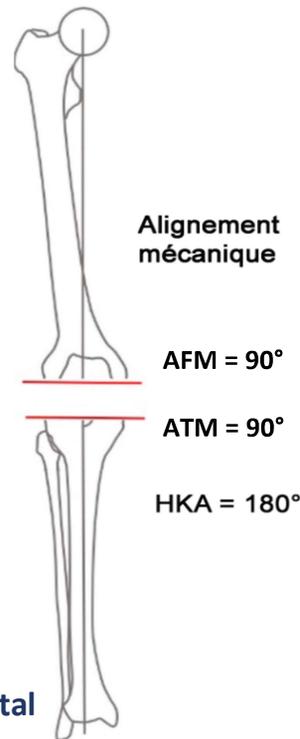


Alignement mécanique / Alignement anatomique

- Mécanique



John Insall

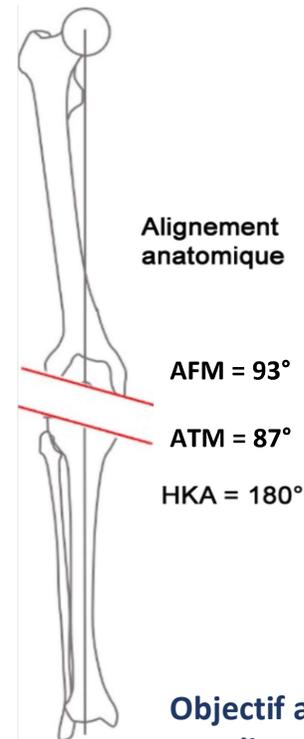


Objectif alignement neutre dans le plan frontal
Interligne perpendiculaire
Résections osseuses asymétriques + **équilibre ligamentaire**
Environnement biomécanique favorable
Survie optimale des implants

- Anatomique



Kenneth A. Krackow

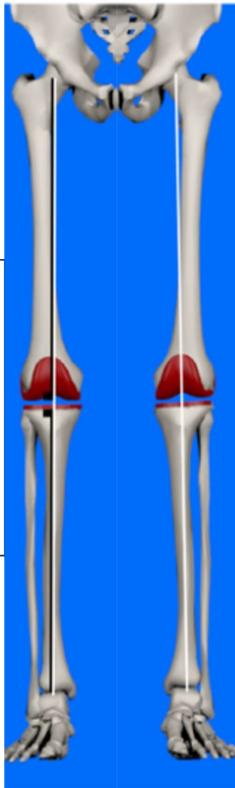


Objectif alignement neutre dans le plan frontal
Interligne oblique
Symétrie des coupes osseuses - **équilibre ligamentaire**
Valgus fémoral 3° / Varus tibial 3°
Restauration anatomie constitutionnelle



Une PTG... des alignements

Techniques d'implantations systématiques



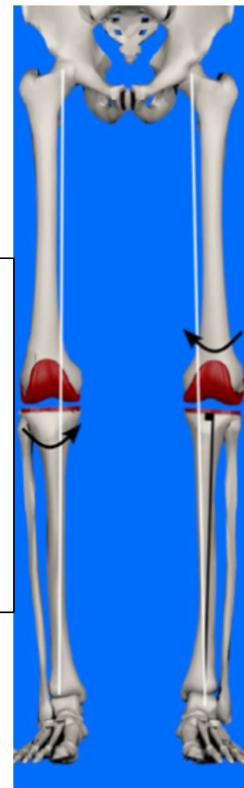
Mécanique

AFM 90°
ATM 90°
HKA 180°

Anatomique

AFM 93°
ATM 87°
HKA 180°

Techniques d'implantations hybrides



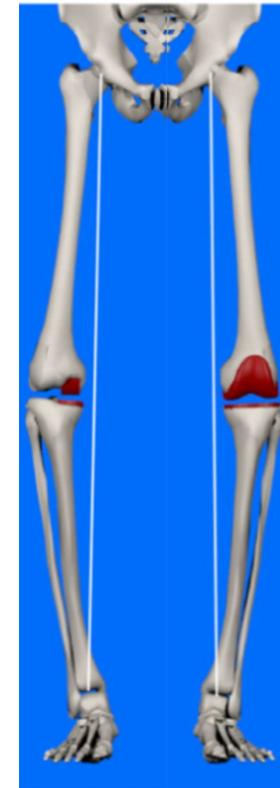
Cinématique restreint

AFM 90° ±5
ATM 90° ±5
HKA 180° ±3

Mécanique ajusté

AFM 90° ±5
ATM 90°
HKA 180° ±3

Techniques d'implantations patient-spécifique



Cinématique

HKA
AFM
ATM

spécifique
au patient



Pourquoi surveiller ?

NOMBRE

croissance continue et exponentielle

Survie : 94% à 10 ans

MORBIDITÉ

Complications (infection péri-prothétique +++)

MORTALITÉ

100 000 PTG par an en France

12% des ces prothèses devront être reprises (12000 personnes)

3% ne survivront pas à cette seconde opération (360 patients)

Taux de mortalité x 3

Taux de morbidité + 50%

Taux d'infection x 5

Coût global de 50000 USD

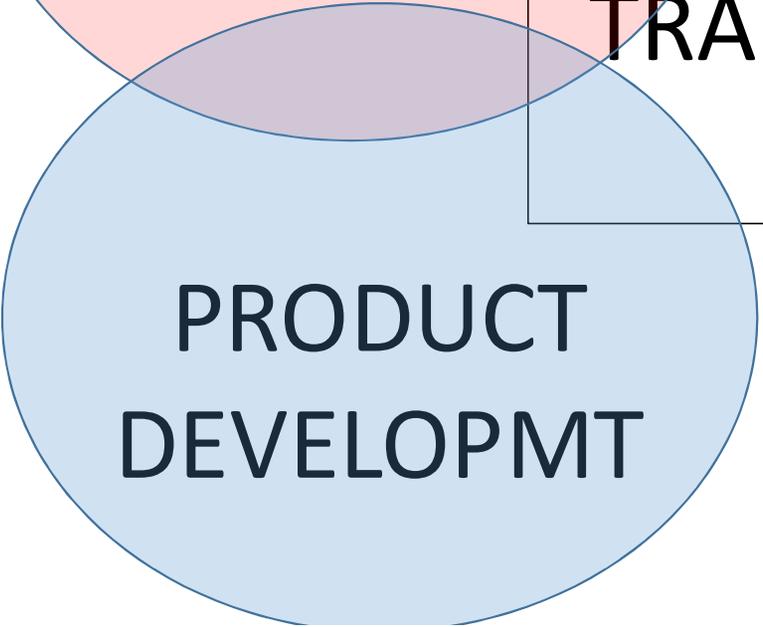
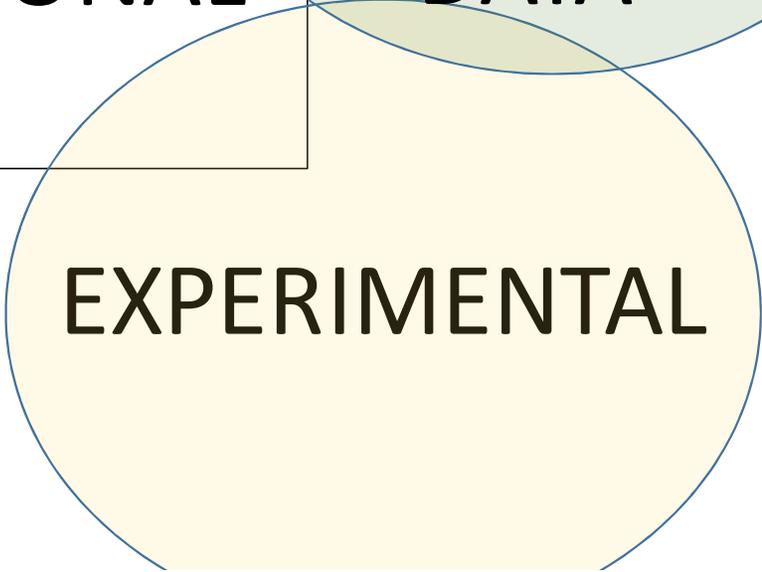
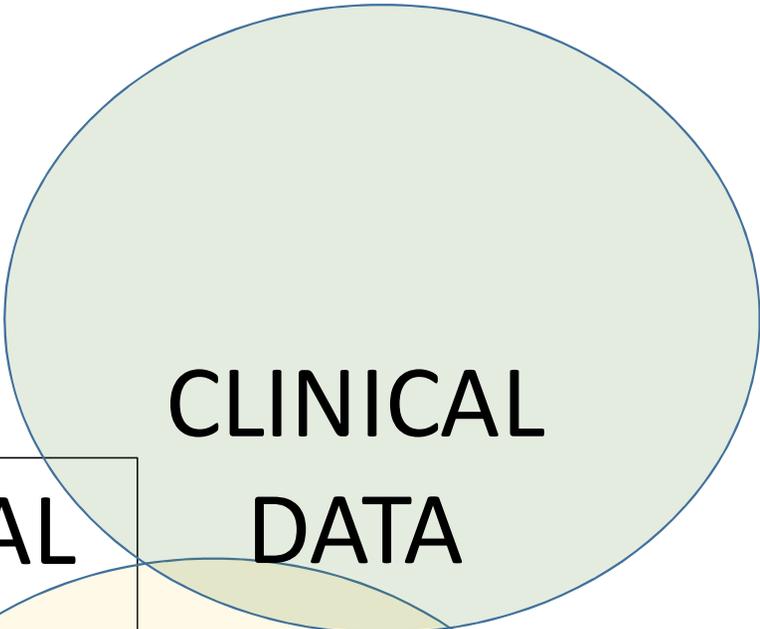
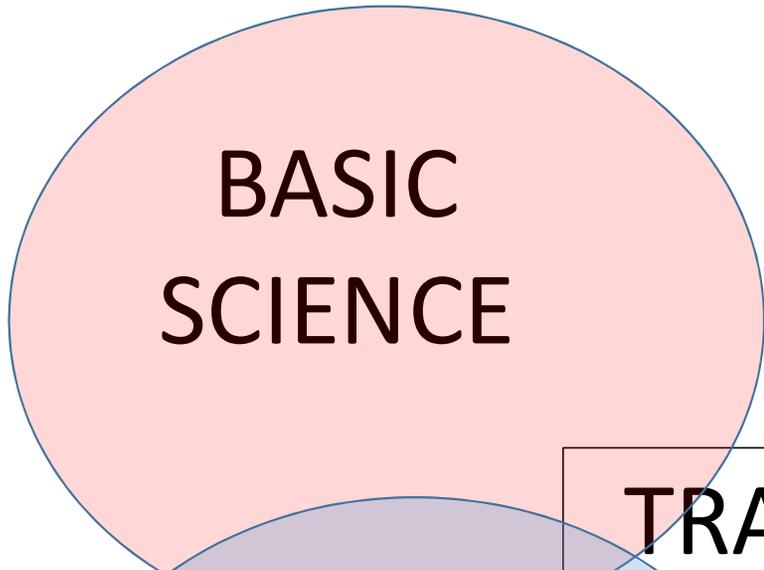


Nombre de PTG en augmentation

Demande fonctionnelle de plus en plus importante (patient-spécifique)

Les complications tuent

3. Comment « augmenter »



**BASIC
SCIENCE**

**CLINICAL
DATA**

**TRANSLATIONAL
RES.**

EXPERIMENTAL

**PRODUCT
DEVELOPMT**

1

Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 104 (2018) 543–549

Available online at ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com/en

Review article
Quality of life after total knee arthroplasty
F. Canovas*, L. Dagneaux

Department of Orthopaedic and Trauma Surgery, Upper limb and Spine Surgery Unit, Hôpital Lapeyronnie, CHRU de Montpellier, 251, avenue de





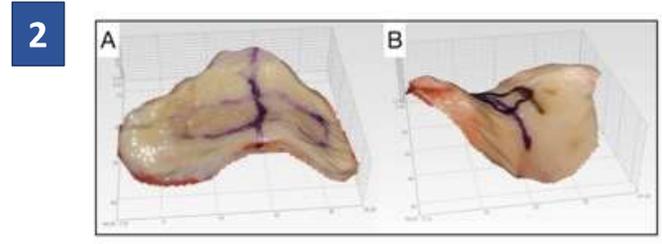
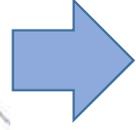
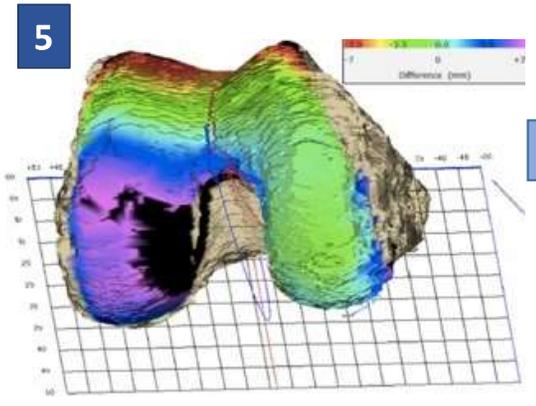
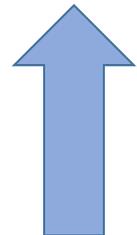
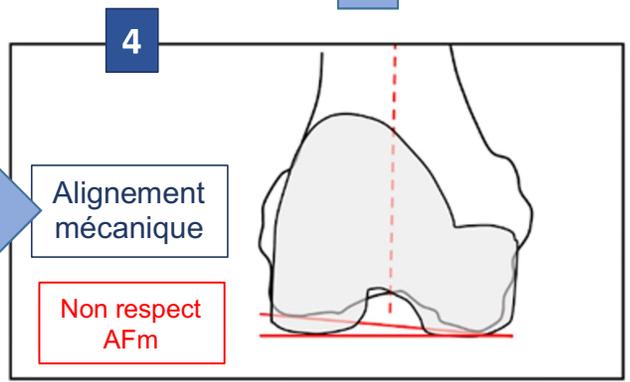
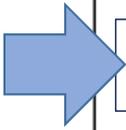
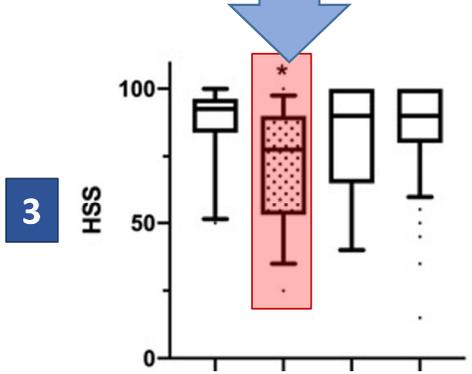
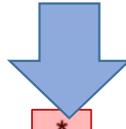


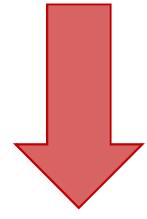
Fig. 4 : Reconstruction 3D des surfaces articulaires. A : Patella ; B : Trochlée



6



RANKED #1
IN THE NATION.



COHÉRENCE D'UN PROJET HOSPITALO-UNIVERSITAIRE





Thématiques de l'Orthopédie

Liées à la restitution de la FONCTION ARTICULAIRE: objectif / subjectif

Comment évaluer? PROMs, qualité de vie, psycho...

Comment démontrer un bénéfice fonctionnelle? (MCID)

Liées à l'implantation de DMs: survie des implants

Pathologie rare = rétrospectif / courante = prospectif

Inclusions nécessaires pour le suivi de cohorte (exp. ± Big data?)

Difficulté de mise en place de RCT en chirurgie

- Placer le patient au centre de notre Recherche
- Intérêt d'une évaluation des pratiques / validation technique



Les enjeux futurs



Utiliser des biomatériaux se rapprochant toujours plus du tissu vivant

- Utilisation du tantalum / trabecular metal
- Réalisation de substitut pour les tissus rares / fragiles

Se servir de techniques modernes industrielles / scientifiques

- Implants connectés
- Numérisation / miniaturisation

Maitriser les coûts dans un système de soins

- Travailler sur la pertinence des soins
- Maitriser les coûts de production
- Gestion locale (stock) et pouvoirs publics (remboursement)

Préopératoire (planification)

Peropératoire (aide à la pose,
amélioration des implants)

Postopératoire (données de suivi)



« Rien ne sert de courir ; il faut partir à point »



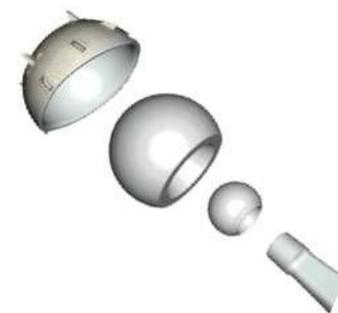
21 juillet 1969



Prothèse de
Mc Kee- 1956



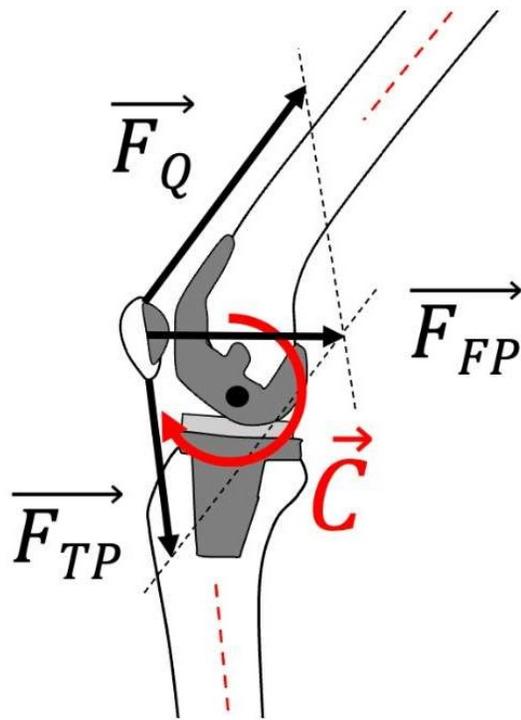
John Insall



Prothèse à double mobilité

Préopérateur (planification)

La simulation numérique personnalisée



Mason JJ et al. Patellofemoral joint forces. J Biomech 2008

$$\frac{F_{fp}}{F_q} = k(\alpha)$$

$$\frac{F_{tp}}{F_q} = g(\alpha)$$

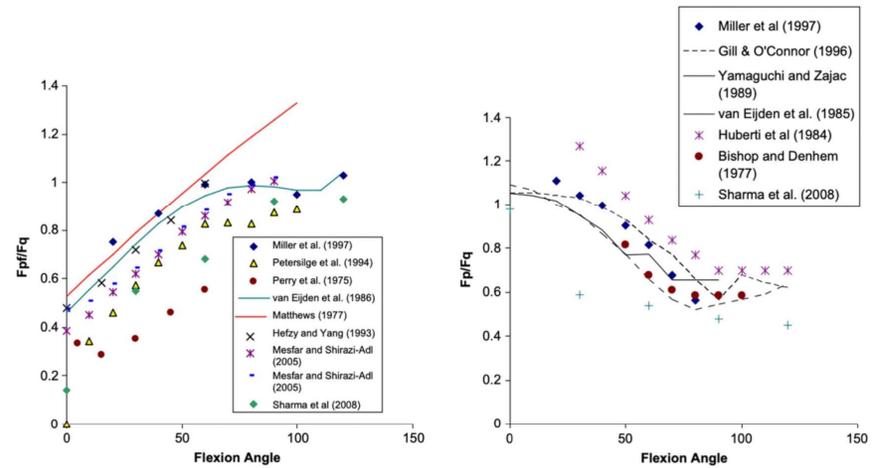


FIGURE 3.2 : Relations $k(\alpha)$ entre la force appliquée au compartiment fémoropatellaire et la force appliquée au tendon quadricipital (F_{fp}/F_q) et $g(\alpha)$ entre la force appliquée au ligament patellaire et celle appliquée au tendon quadricipital (F_{tp}/F_q) rapportées dans la littérature, et selon Mason *et al.*



Engouement scientifique pour analyse numérique

3

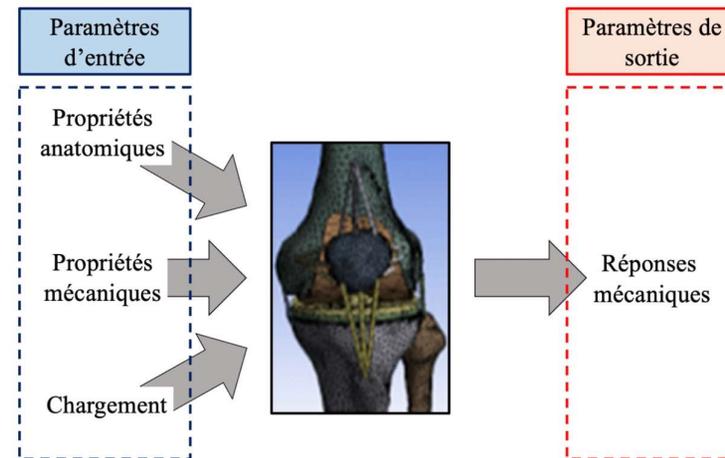
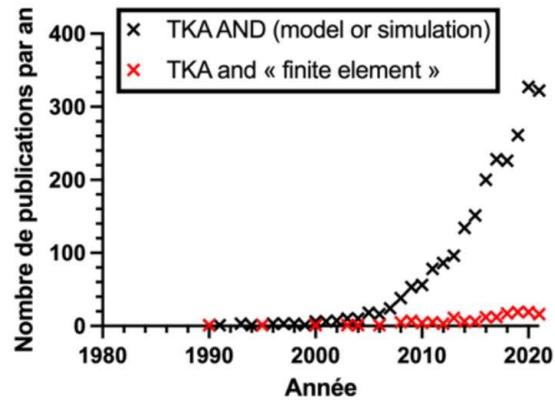


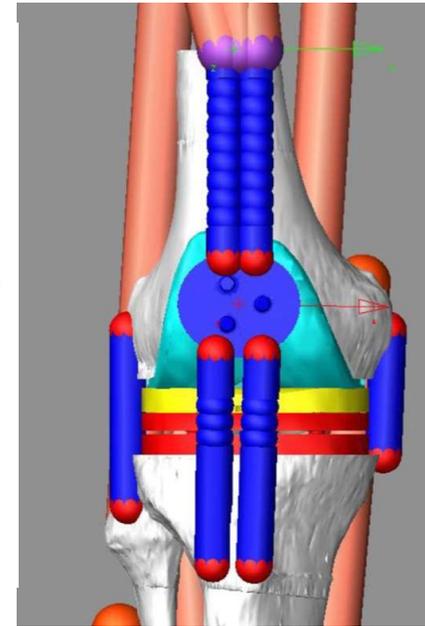
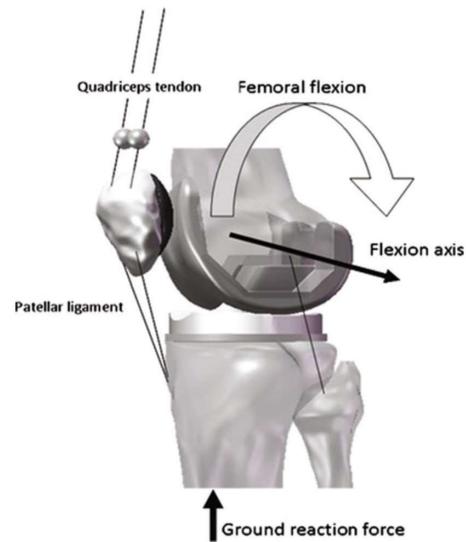
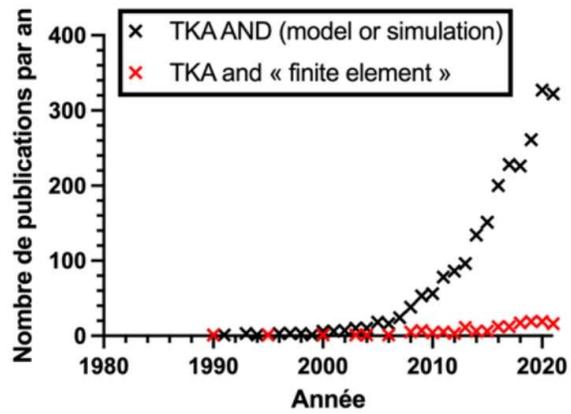
FIGURE 3.17: Présentation schématique des paramètres d'entrée et de sortie issus d'une MEF, d'après Erdemir *et al.*

Techniques d'analyse des éléments déformables / coût / scénario
Intégration de données expérimentales / temps de calcul

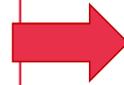


Modélisation en éléments finis (MEF)

3



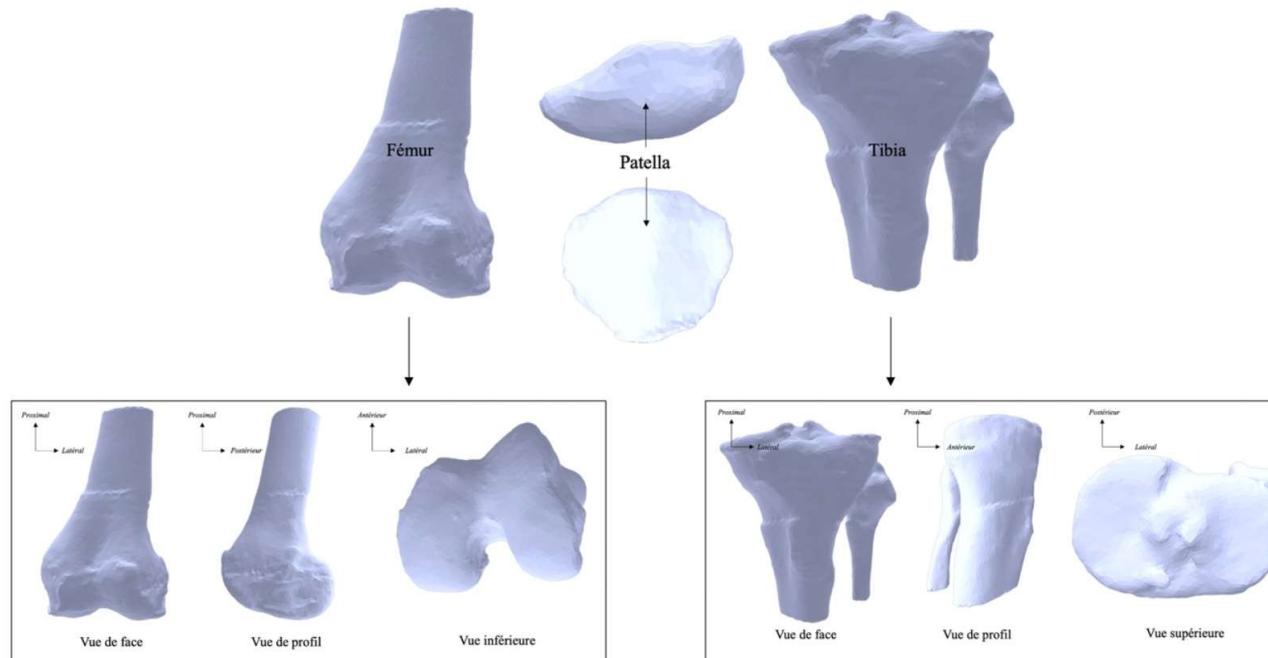
Fémoropatellaire prothétique:
23/149



Hétérogénéité +++



Conception du modèle numérique – Géométrie osseuse



Données EOS 3D permettant le calcul des données angulaires



Modèle numérique – Maillage complet

Modélisation de l'app. Extenseur

TQ: Ressorts avec amortisseurs

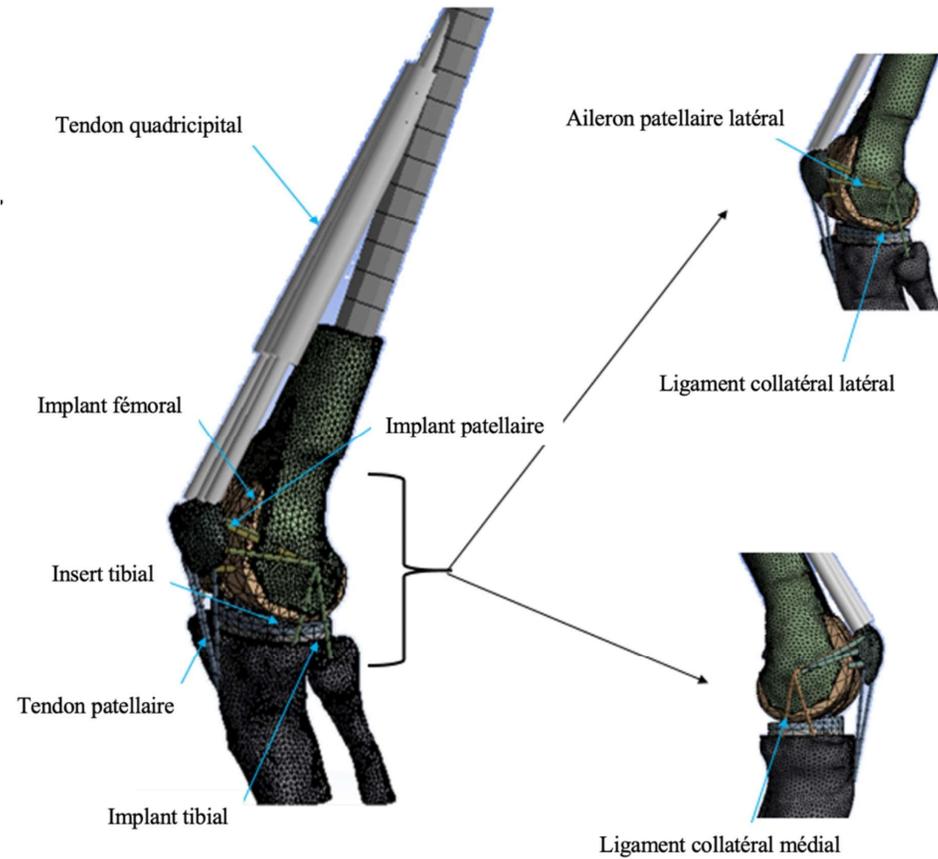
TP: câbles

Retinaculum: câbles

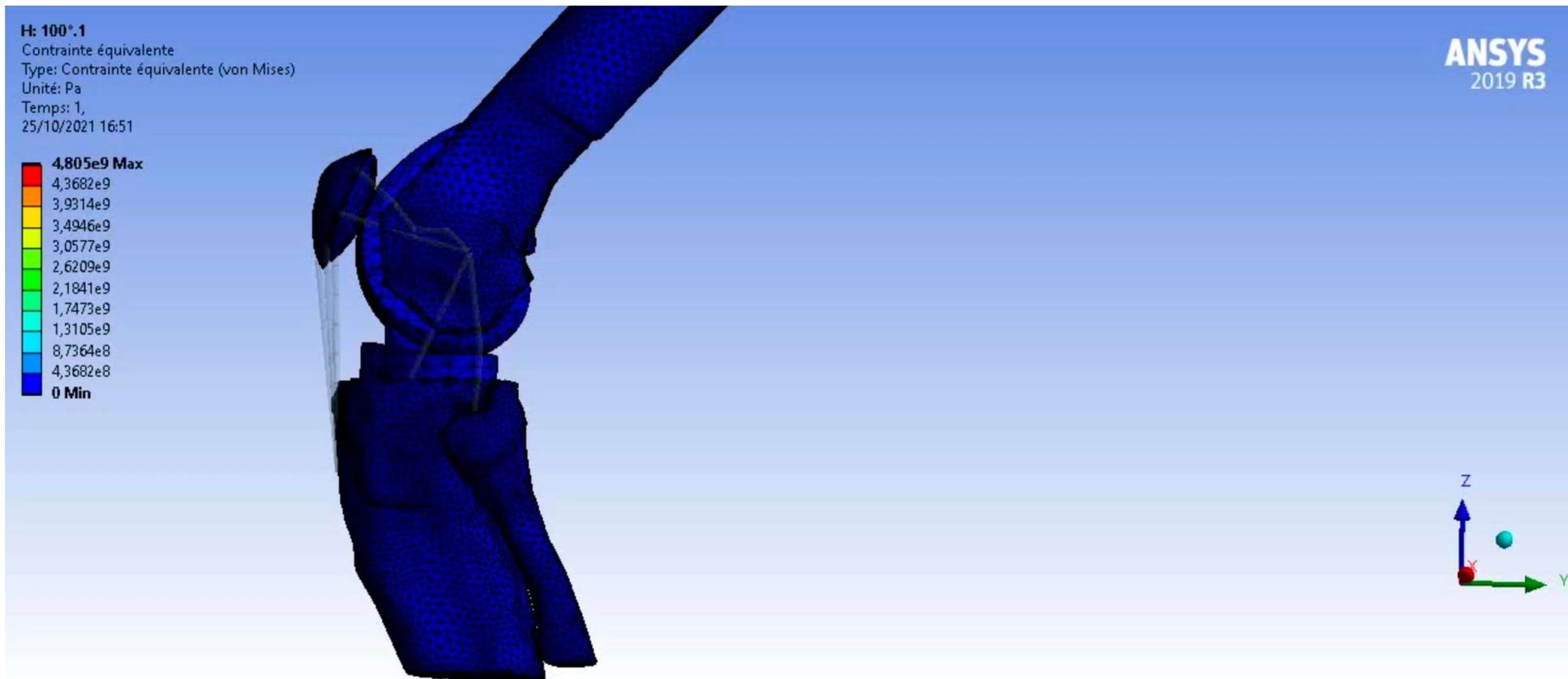
Lois de contact

Os/implant: totalement liés

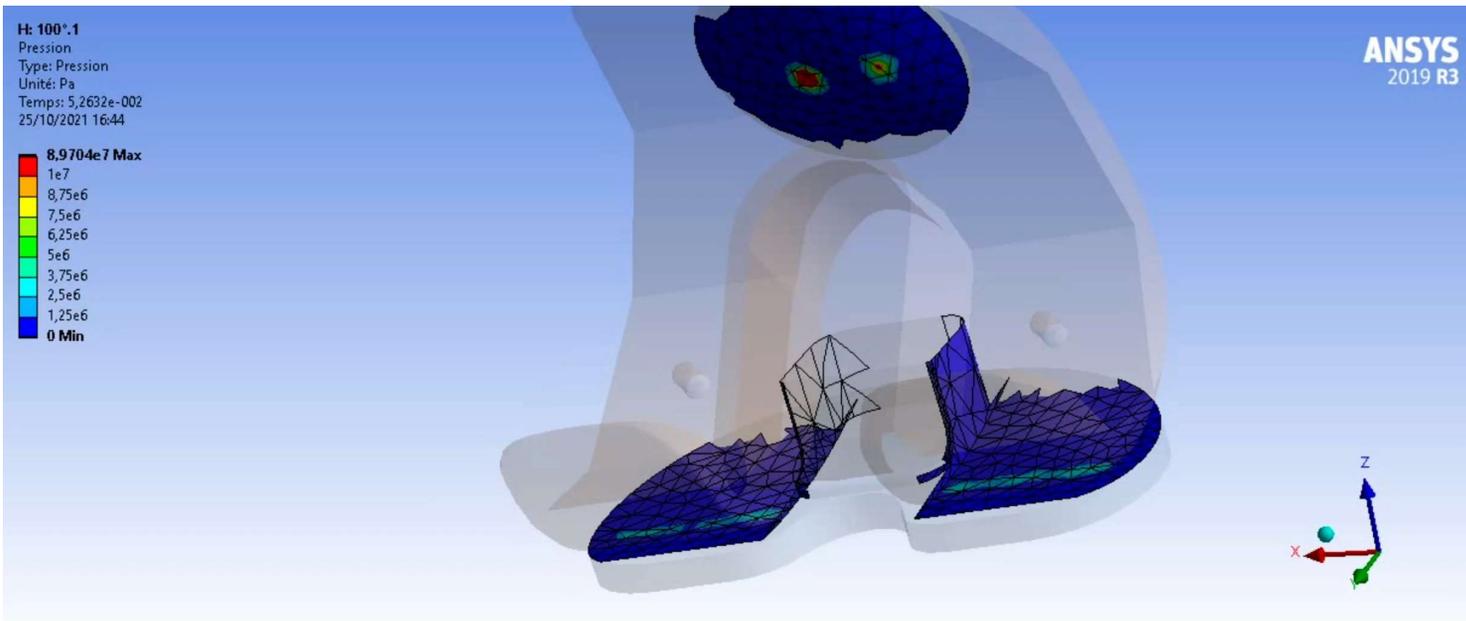
Implant/implant: avec frottement



Phase 1 : Résultat de simulation de flexion à 100°



Phase 1 : Pressions de contact pour une flexion à 100°





Distribution des pressions de contact FP

Les pressions de contact observées sur l'implant patellaire augmentaient lors de la flexion, allant de 5,5 MPa (20° de flexion) à 16,4 MPa (100° de flexion) en moyenne

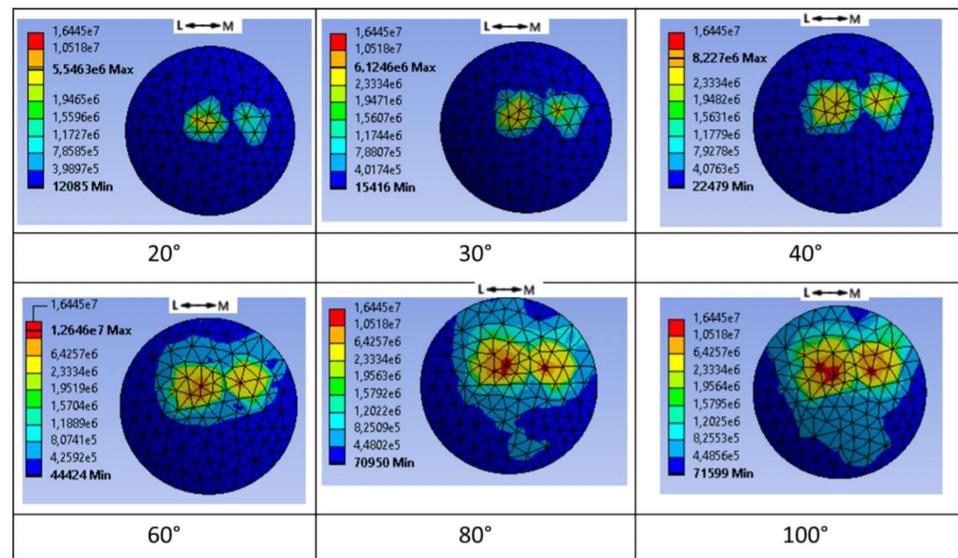
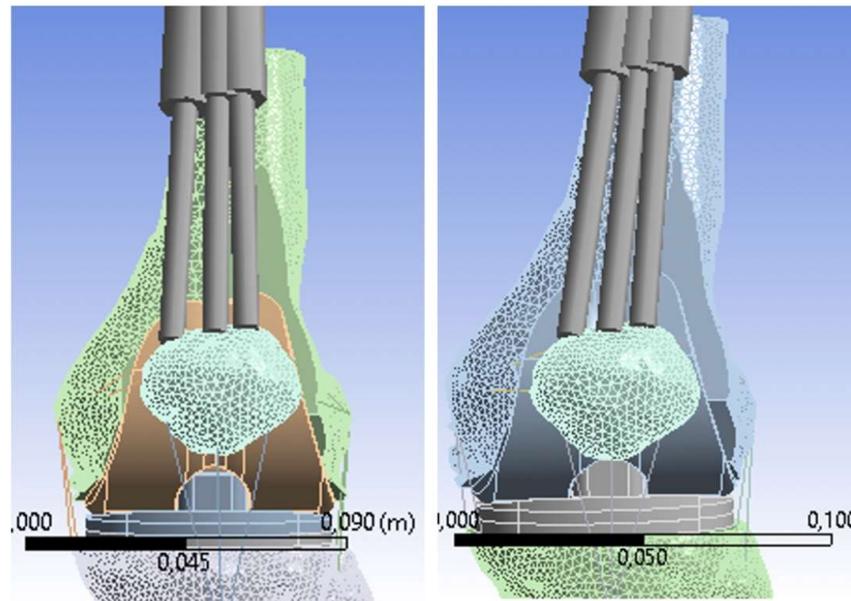
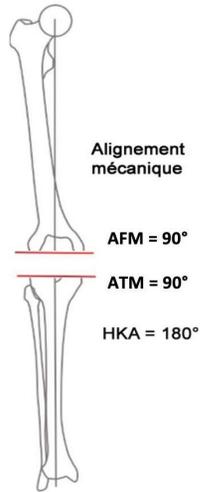


FIGURE 4.11 : Distribution des pressions de contact sur l'implant patellaire au cours de la flexion



Comparaison entre implantation mécanique et cinématique

Altération de l'obliquité



Restitution de l'obliquité

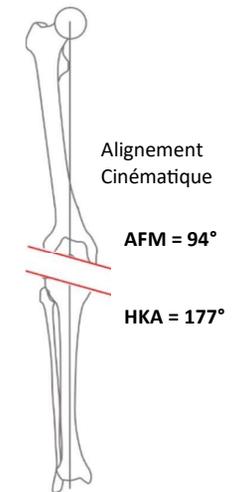
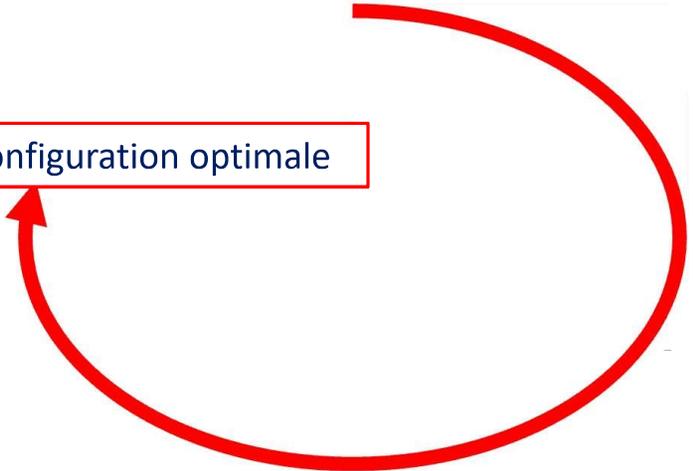


FIGURE 4.14: Comparaison des modèles numériques selon les deux techniques d'implantation (alignement mécanique à gauche et alignement cinématique à droite)

Concept prothétique et taille des implants identiques / conditions de chargement identiques
Évaluation à 60° et 100° de flexion

Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire

Sélection de la configuration optimale

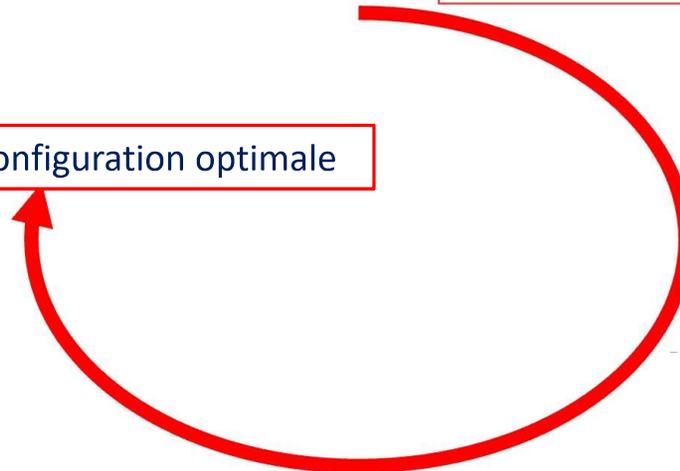


Reconstruction 3D personnalisée du genou

Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire



Sélection de la configuration optimale



Reconstruction 3D personnalisée du genou

Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire



*Apports d'éléments anatomiques
ou mécaniques individuels*

Sélection de la configuration optimale



Reconstruction 3D personnalisée du genou



Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire

*Apports d'éléments anatomiques
ou mécaniques individuels*



Sélection de la configuration optimale

Implantation virtuelle d'une PTG



Reconstruction 3D personnalisée du genou



Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire

*Apports d'éléments anatomiques
ou mécaniques individuels*

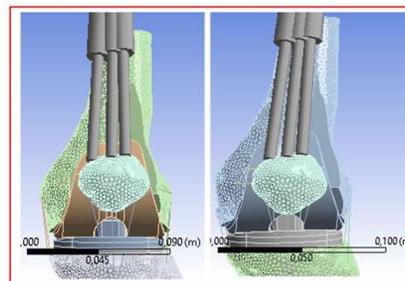


Sélection de la configuration optimale

Implantation virtuelle d'une PTG



*Comparaison des techniques d'implantation
par simulation numérique*



Reconstruction 3D personnalisée du genou



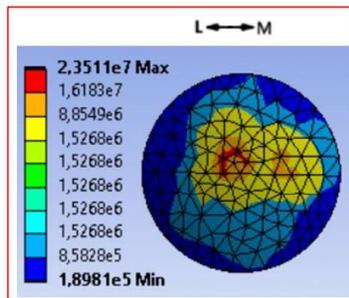
Influence de l'alignement prothétique
Sur le comportement fémoropatellaire

*Apports d'éléments anatomiques
ou mécaniques individuels*



Sélection de la configuration optimale

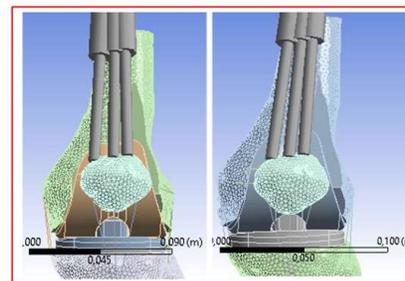
*Recueil des contraintes exercées
sur l'implant patellaire*



Implantation virtuelle d'une PTG



*Comparaison des techniques d'implantation
par simulation numérique*



Peropérateur

Amélioration des implants

La simulation numérique personnalisée

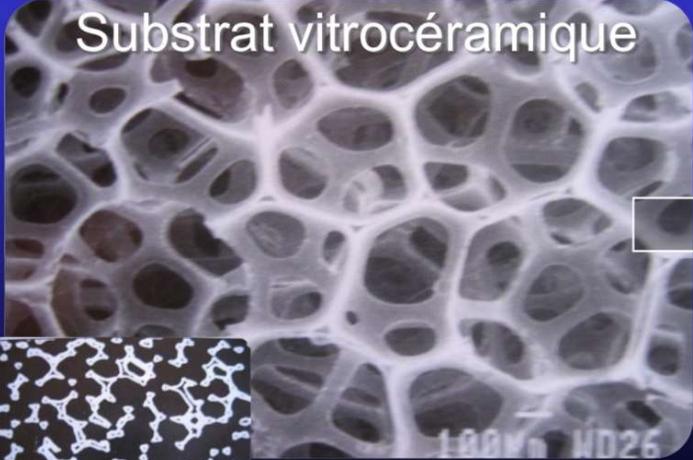
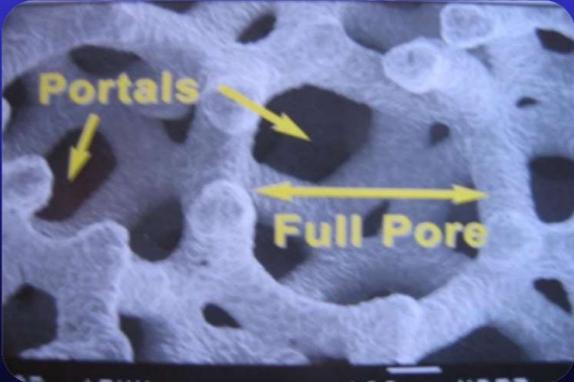
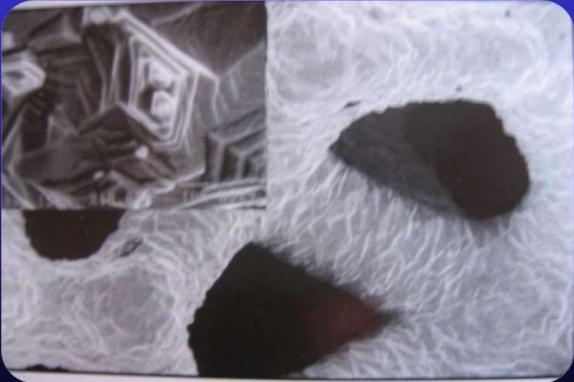
Place de la réalité augmentée



Exemple: le tantalum



22 TI TITANIUM	23 V VANADIUM	24 CR CHROMIUM
40 ZR ZIRCONIUM	41 NB NIOBIUM	42 MO MOLYBDÈNE
72 HF HAFNIUM	73 TA TANTALUM	74 W TUNGSTÈNE



Substrat vitrocéramique



Trabecular metal

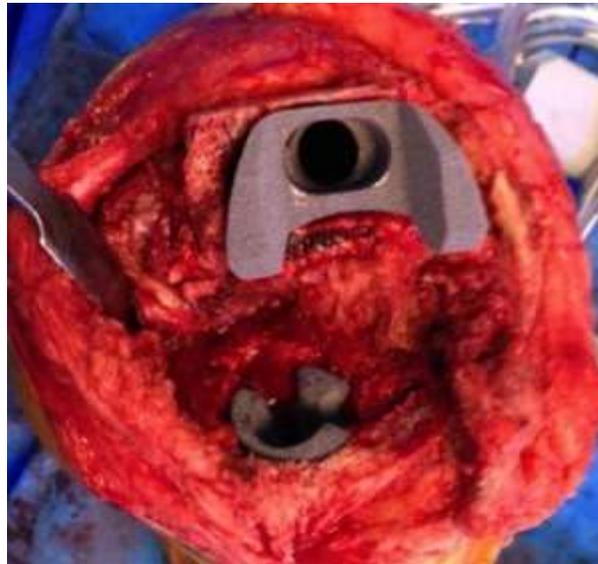


Os haversien



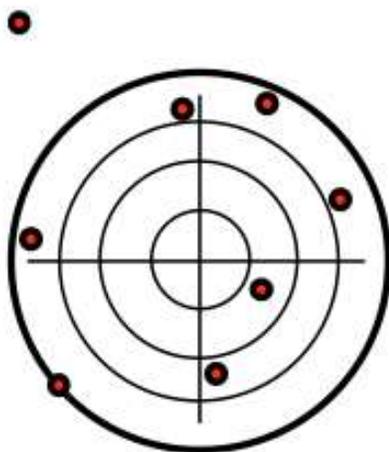


Exemple: le tantalum



- Maillage qui se rapproche de la structure trabéculaire osseuse
- Permet d'harmoniser les contraintes mécaniques
- Permet de faciliter la régénération osseuse au contact

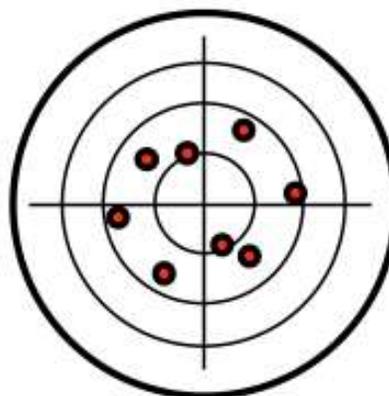
Ni précis ni exact



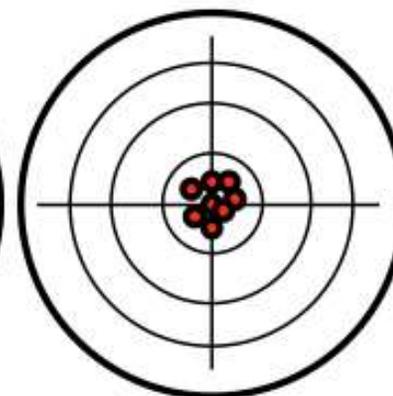
Précis mais... pas exact



Exact mais... pas précis



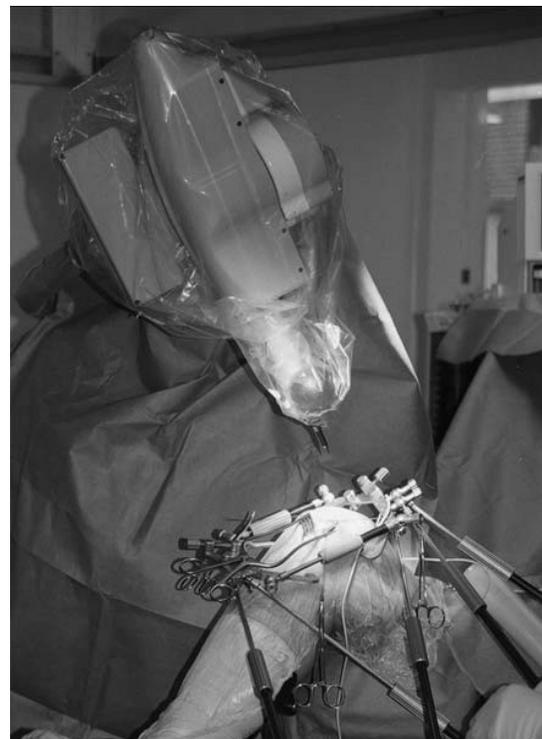
Exact et précis



→ Jusqu'à 10 à 25% d'insatisfaction après PTG
 Jusqu'à 40% de douleurs antérieures après PTG
 Malpositionnement = complications



Acrobot – UK (2000-6)



Hands-on robotic unicompartmental knee replacement

A PROSPECTIVE, RANDOMISED CONTROLLED STUDY OF THE ACROBOT SYSTEM

Mako (Stryker)



Navio (Smith & Nephew)



Rosa (Zimmer Biomet)



Systeme fermé = limité à un industriel prothétique



Quelles améliorations attendre de la chirurgie robotique (et des nouvelles technologies)?

- Planification préopératoire
- Procédure / geste chirurgicale
- Implants chirurgicaux (prothétique)



SÉCURITÉ

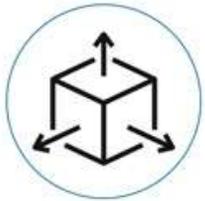


PRÉCISION

JUSTESSE

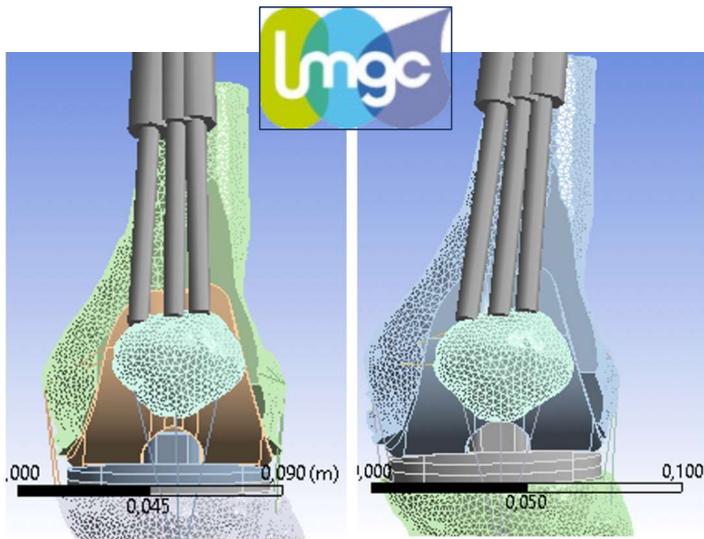


REPRODUCTIBILITÉ

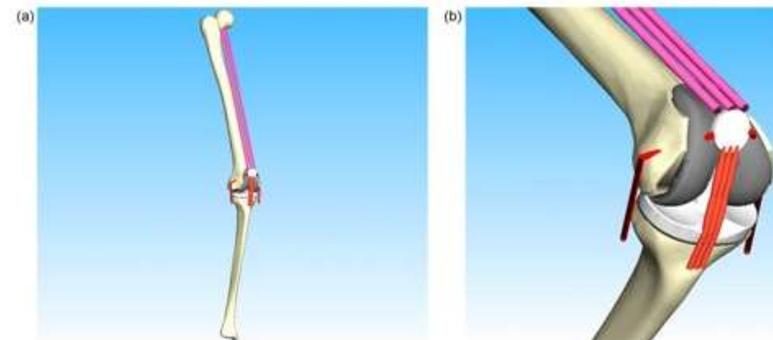
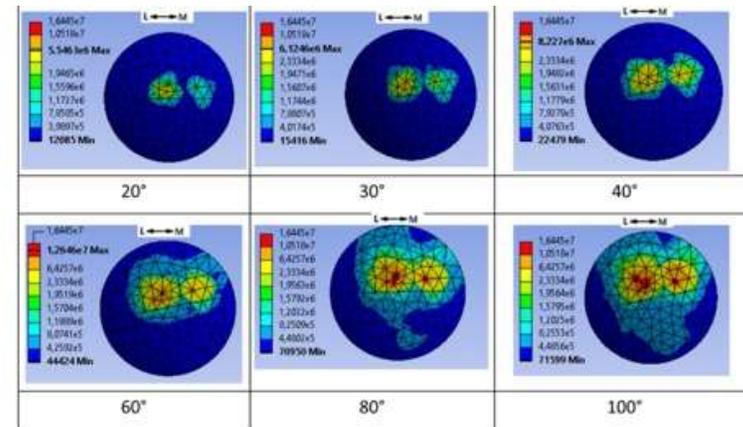


TRANSFORMER

OPTIMISATION DU POSITIONNEMENT PROTHETIQUE PAR JUMEAU NUMÉRIQUE



Développement logiciel (MED)
(anatomie, type PTG, positionnement)





Planification radiographique de dernière génération

X-Atlas™ technology takes 2D x-ray images and converts them to 3D bone renderings



Two standard long axis standing x-ray shots (A/P and M/L)
with external marker on distal femur and proximal tibia



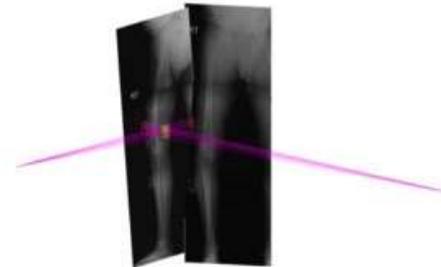
En collaboration avec le Département d'Imagerie ostéoarticulaire
Réalisé 5 jours ouvrés avant le bloc minimum avec mention « procédure robot ROSA »



Planification radiographique de dernière génération



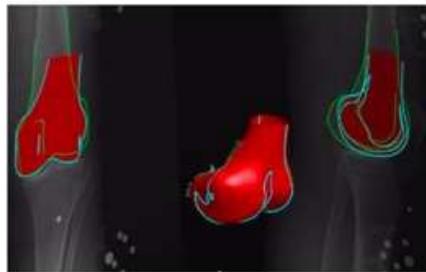
Detect the Calibration Object in X-rays



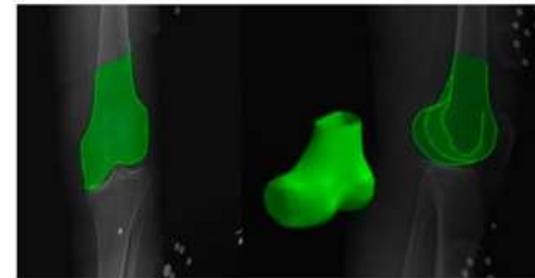
Recreate the acquisition scene



Segment Bone contour



Place an Atlas bone in the contours



Stretch bone to fit patient anatomy



Planification radiographique de dernière génération

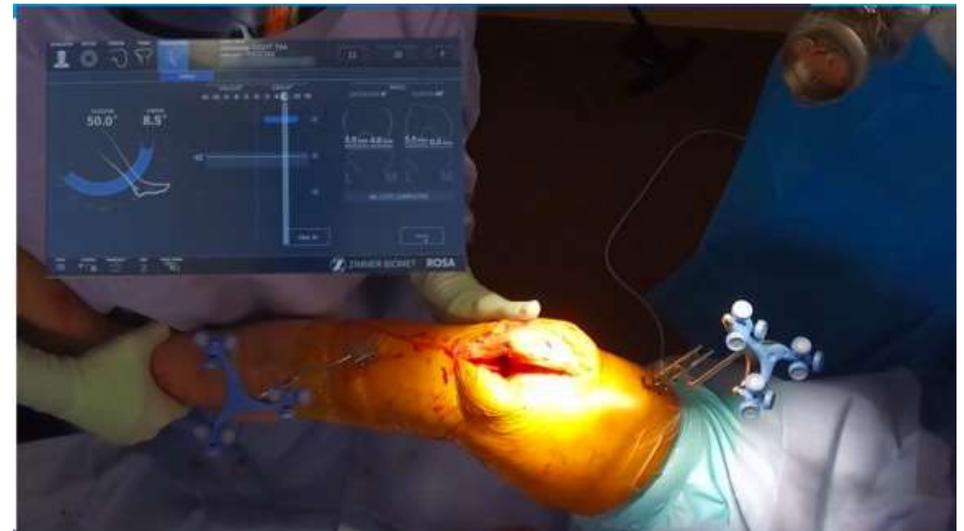
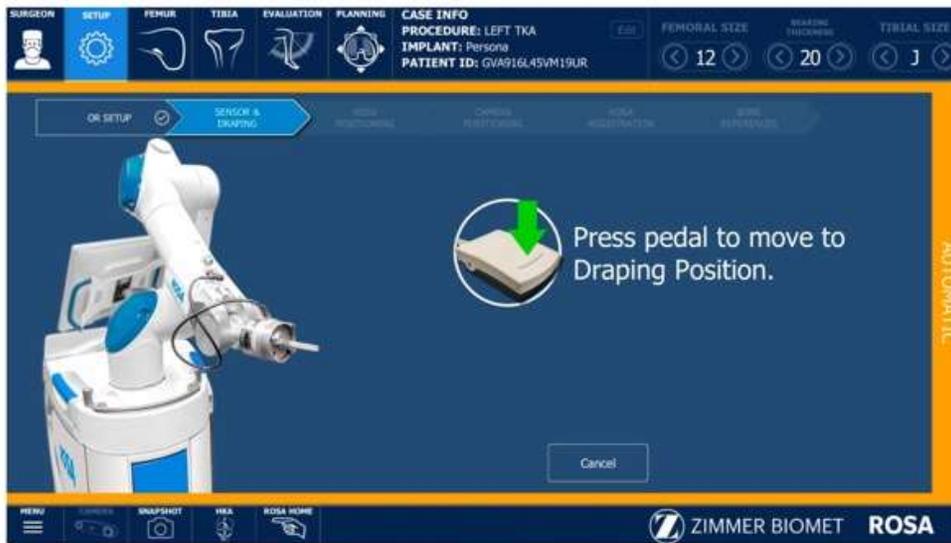
X-Atlas Technology – Pre-operative Planning



Sélection des implants en amont
Optimisation de l'ancillaire au bloc
Valorisation scientifique



Un outil supplémentaire au bloc opératoire



En dehors de l'utilisation des capteurs et du bras robotisé pour les coupes,
PAS DE MODIFICATION DES PRATIQUES CHIRURGICALES
MÊME ANCILLAIRE – MÊME PROTHÈSE



La phase de préparation





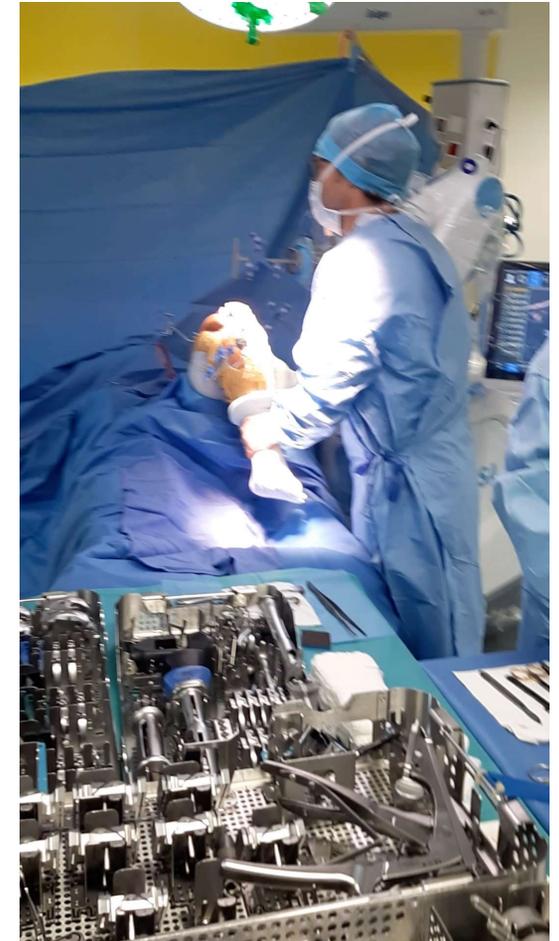
La phase de positionnement du robot





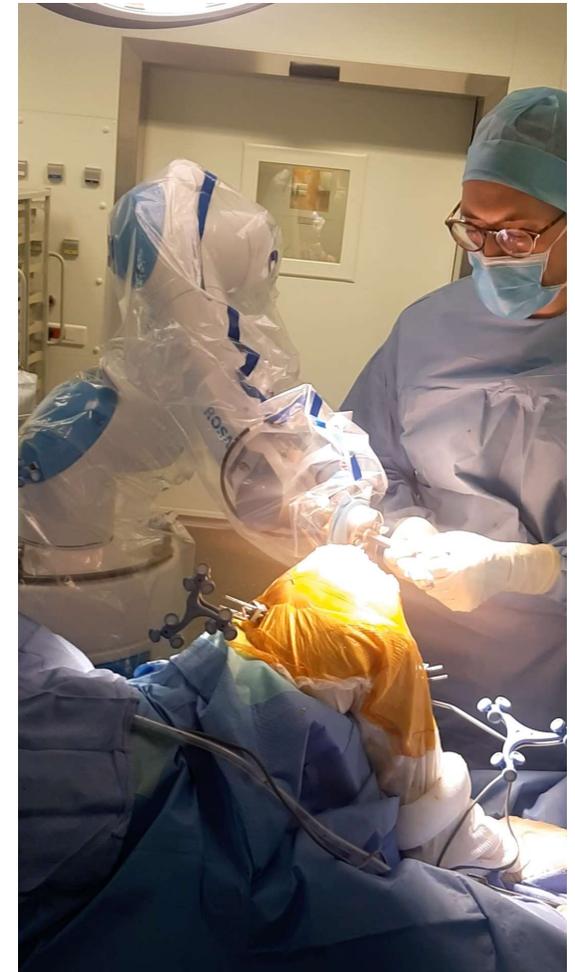
L'acquisition de points de référence anatomiques

Après Voie d'abord effectuée
et mise en place des capteurs





Une manipulation du bras robotique simple et efficace





Cas clinique – Validation de l'espace en extension

CHIRURGIEN(NE) CONFIGURATION FÉMUR TIBIA ÉVALUATION PLANIFICATION

INFORMATIONS DU CAS
PROCÉDURE: PTG DROIT
IMPLANT: Persona
No DU PATIENT: CCO3ACR59FG21ER

TAILLE FÉMORALE: 4
ÉPAISSEUR D'INSERT: 10

VARUS/VALGUS DU FÉMUR: 0.0°
POTENTIELLE HAUTEUR DU STYLET: -1.0 mm
VUE: Extension, Flexion

RÉSECTION DISTALE: 6.0 mm
RÉSECTION POSTÉRIEURE: 6.0 mm
RÉSECTION PROXIMALE: 10.0 mm

RÉSECTION DISTALE: 10.0 mm
RÉSECTION POSTÉRIEURE: 9.5 mm
RÉSECTION PROXIMALE: 7.0 mm

VARUS/VALGUS DU TIBIA: 0.0°

EXTENSION 0°
ESPACE TOTAL: 20.5 mm
COMPOSANT: 19.0 mm
ESPACE TOTAL: 19.0 mm
FLEX. 17.5 mm

Basé sur la dernière évaluation de la rotation fémorale

MENU CAMÉRA CAPTURE D'ÉCRAN HKA DÉPART ROSA

ZIMMER BIOMET ROSA



Cas clinique – Validation des coupes osseuses

The screenshot shows the ROSA navigation software interface for femoral resection validation. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Contains navigation icons for 'CHIRURGIEN(NE)', 'CONFIGURATION', 'FÉMUR', 'TIBIA', 'ÉVALUATION', and 'PLANIFICATION'. It also displays 'INFORMATIONS DU CAS' (PROCÉDURE: PTG DROIT, IMPLANT: Persona, No DU PATIENT: CCO3ACR59FG21ER), 'TAILLE FÉMORALE' (4), and 'ÉPAISSEUR D'INSERT' (10).
- Navigation Bar:** Shows steps: 'POINT DE CONTRÔLE', 'RÉSECTION FÉMORALE DISTALE', 'RÉSECTION TIBIALE PROXIMALE', 'ROTATION FÉMORALE' (highlighted), and 'RÉSECTION FÉMORALE +EN-1'.
- Main Display:** Shows various resection and alignment parameters with green checkmarks indicating they are within target ranges:
 - VARUS/VALGUS DU FÉMUR: 0.0°
 - FLEXION: 3.0°
 - RÉSECTION (Distal): 5.0 mm (target 6.0 mm)
 - RÉSECTION (Proximal): 8.5 mm (target 10.0 mm)
 - RÉSECTION (Distal): 10.0 mm (target 10.0 mm)
 - RÉSECTION (Proximal): 6.5 mm (target 7.0 mm)
 - PENTE POSTÉRIEURE: 7.0°
 - VARUS DU TIBIA: 0.5°
- Text:** 'Appuyer sur suivant pour évaluer l'espace en extension.'
- Buttons:** 'Annuler', 'Valider le fémur', and 'Suivant'.
- Bottom Bar:** Contains 'MENU', 'CAMERA', 'CAPTURE D'ECRAN', 'HKA', and 'DEPART ROSA'. The 'ZIMMER BIOMET ROSA' logo is also present.
- Vertical Label:** 'STATIONNAIRE' is written vertically on the right side of the main display area.



Cas clinique – Validation de l'espace en flexion

CHIRURGIEN(NE) CONFIGURATION FÉMUR TIBIA ÉVALUATION PLANIFICATION

INFORMATIONS DU CAS
PROCÉDURE: PTG DROIT
IMPLANT: Persona
No DU PATIENT: CCO3ACR59FG21ER

TAILLE FÉMORALE 4 ÉPAISSEUR D'INSERT 10

ROTATION EXTERNE DE L'ACP ÉVALUÉE **5.0°**

ROTATION DE L'IMPLANT

POTENTIELLE HAUTEUR DU STYLET **-1.0 mm**

ENTAILLE

VUE
Extension
Flexion

RÉSECTION DISTALE **6.0 mm**

AXE AP INT. **8.5°**

RÉSECTION DISTALE **10.0 mm**

ATE EXT. **1.0°**

RÉSECTION POSTÉRIEURE

RÉSECTION POSTÉRIEURE **9.5 mm**

ACP EXT. **5.0°**

FLEXION 90°

COMPOSANT **20.0 mm**

ESPACE TOTAL **17.5 mm**

ESPACE TOTAL **17.5 mm**

L M

RÉSECTION PROXIMALE **10.0 mm**

RÉSECTION PROXIMALE **7.0 mm**

EXT. 20.5 mm

EXT. 19.0 mm

VARUS/VALGUS DU TIBIA **0.0°**

Basé sur la dernière évaluation de la rotation fémorale

Équilibrage
Restaurer pré-planification

MENU CAMÉRA CAPTURE D'ÉCRAN HKA DÉPART ROSA

ZIMMER BIOMET ROSA



Cas clinique – Evaluation fonctionnelle intraopératoire

CHIRURGIEN(NE) CONFIGURATION FÉMUR TIBIA **ÉVALUATION** PLANIFICATION

INFORMATIONS DU CAS
PROCÉDURE: PTG DROIT
IMPLANT: Persona
No DU PATIENT: CCO3ACR59FG21ER

TAILLE FÉMORALE: 4 ÉPAISSEUR D'INSERT: 10

Initial Peropératoire **Final**

FLEXION 4.0° **VARUS 1.0°**

VALGUS° VALUS°
15 12 9 6 3 0 3 6 9 12 15

ESPACE
EXTENSION 0° FLEXION 90°
1.0 mm 0.5 mm -- mm -- mm
L M L M

Effacer tout

MENU CAMÉRA CAPTURE D'ÉCRAN HKA DÉPART ROSA

ZIMMER BIOMET ROSA



Cas clinique – Radiographies postopératoires



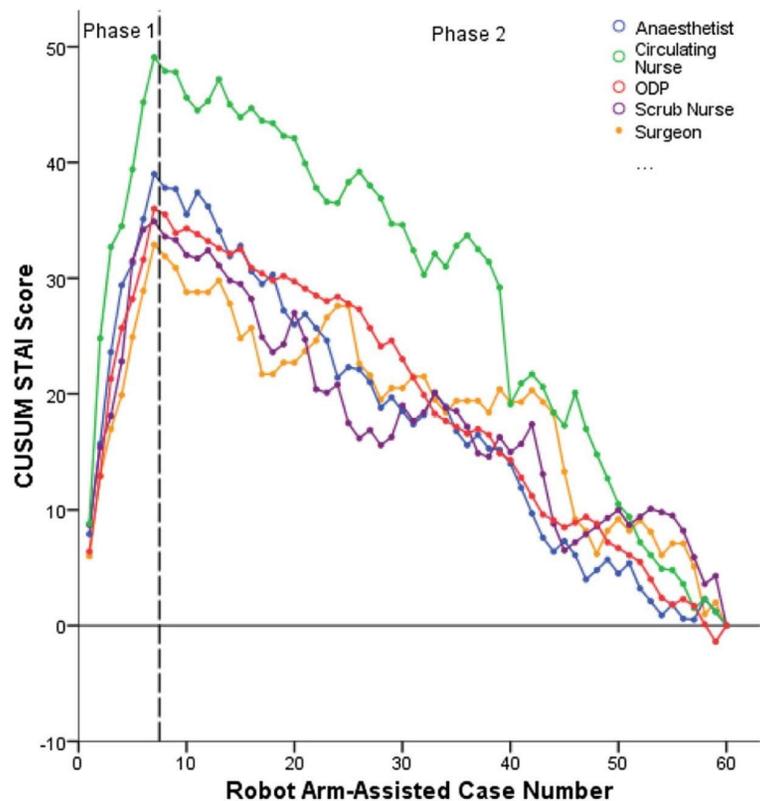


Fig. 2 Chart displaying CUSUM analysis for STAI scores amongst all surgical team members in robotic-arm assisted TKA

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy (2019) 23:1152–1161
<https://doi.org/10.1007/s00167-018-5138-5>

KNEE

Robotics

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

Babar Kayani^{1,2} · S. Konan^{1,2} · S. S. Huq^{1,2} · J. Tahmassebi¹ · F. S. Haddad^{1,2}

Received: 21 June 2018 / Accepted: 6 September 2018 / Published online: 17 September 2018
 © The Author(s) 2018

Postopératoire

« La guerre des données »

ZBEdge™

by  ZIMMER BIOMET

Jump to:

- Fewer PT visits following TKA/PKA
- Fewer PT visits following THA
- Remote gait quality measurements
- Objective and reliable data
- Older adults adopt technology



Problématique: traitement de la masse
d'information en temps réel
Hébergement et propriété des données (USA...)

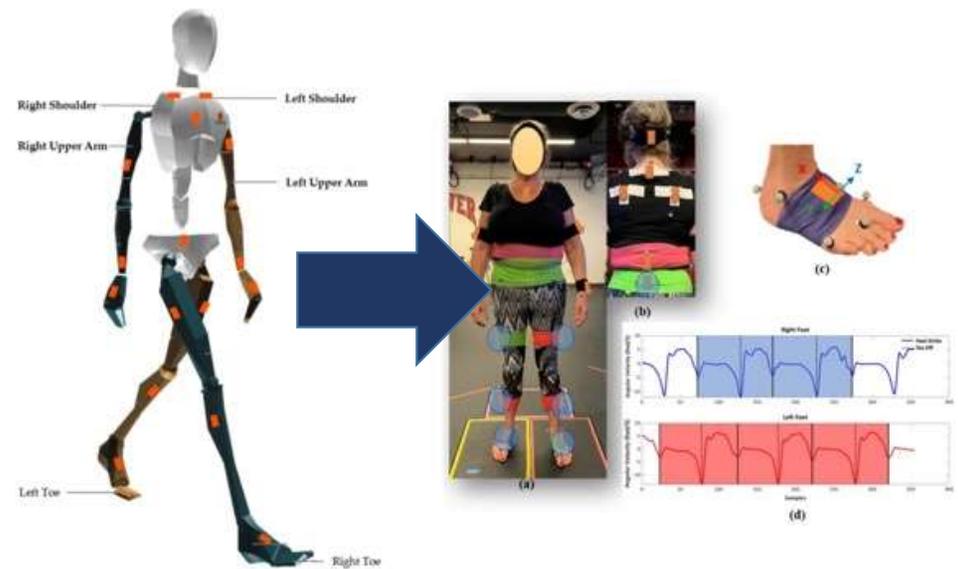
mymobility®



INTÉGRATION DES DONNÉES PATIENTS DANS LA QUALITÉ DE SOINS



Données chirurgicales
Positionnement et laxité sous assistance ROSA



Capteurs inertiels
Avant et après PTG (Xsens)

Technologies

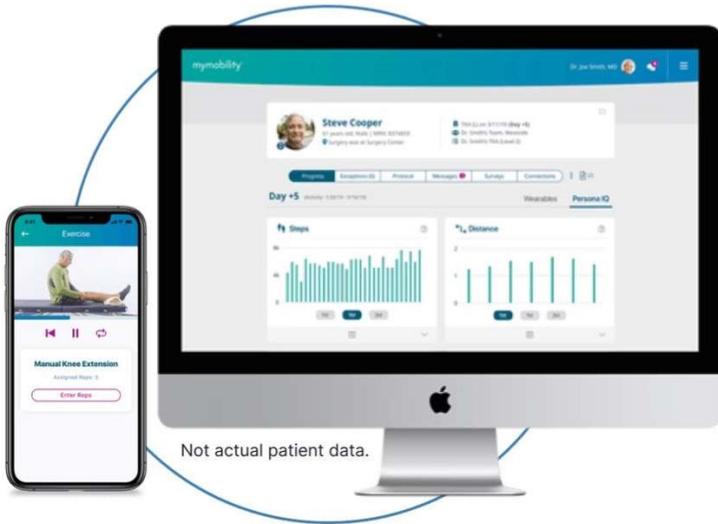
BoneTag est un dispositif électronique utilisant la technologie RFID (Radio Frequency Identification Device), sans batterie, associée à des capteurs de pression et de température.

Dès son intégration à une prothèse de genou, au moment de l'intervention chirurgicale, BoneTag remplit trois fonctions principales :

- Identification précise de la prothèse *in vivo*
- Traçabilité au cours du temps
- Détection précoce des infections et de la perte d'adhérence de la prothèse à l'os



Nécessite une évaluation / validation



SMART STEM

- Titanium & PEEK construction
- PEEK allows data transmission

DATA TRANSMISSION

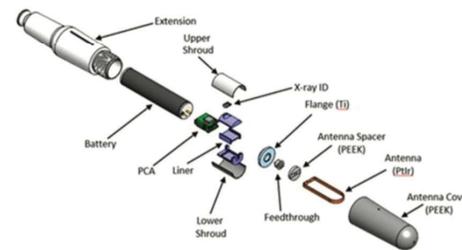
- Secure near-field connection to a base station, with secure wi-fi upload to the cloud

PHYSIOLOGICAL SENSORS

- 3D Accelerometer
- Gyroscope

BATTERY

- Lithium carbon-monofluoride chemistry (Li/CFx)
- Similar battery technology used in pacemakers





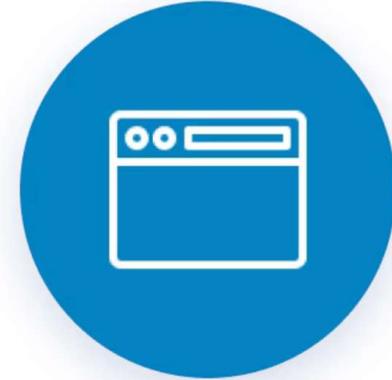
Smart

- First-to-world smart implant that captures key kinematic data metrics
- The objective kinematic data is an adjunct to other physiological parameter measurement tools applied by the physician during the course of patient monitoring and treatment post-surgery



Connected

- Provides a direct view of patient-specific data for at least ten years
- Supports the goal of patient compliance



Simple

- The long-term data is automatically available, through a simple to use intuitive interface for both patients and physicians to view on the mymobility® Care Management Platform
- Maintains standard Persona® Knee surgery workflow and instrumentation



Distance Traveled

Calculated based on step count and stride length (km)



Functional Range of Motion

Including tibia and functional knee ROM (degree)



Qualified Step Count

Number of steps taken during a sampling day



Cadence

Average steps taken per minute (steps/minute)



Average Walking Speed

Calculated based on step count and stride length (meters/second)



Stride Length

Calculated based on one gait cycle (meters)



FEED-BACK LOOP
(IA, machine learning...)

CAOS
Computer Assisted Orthopaedic Surgery - French Society

Congrès CAOS France

19 & 20 JANVIER 2024

CORUM DE MONTPELLIER

Président de CAOS France: **Marc Olivier GAUCI**
Président du Congrès: **Louis DAGNEAUX**

Comité d'organisation / Comité scientifique:
Cécile BATAILLER
Alexandre CAUBERE
Hoel LETISSIER
Yannick MORVAN



Villa Gaby - 285 Corniche JF Kennedy - 13007 Marseille - Tél. : 04 95 09 38 00
Partenaires : celine.burel@mcocongres.com - Inscription : audrey.soulier@mcocongres.com



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



LABORATOIRE
de MÉCANIQUE
et GÉNIE CIVIL

Le genou prothétique « augmenté »

On a besoin de vous

Respect du cahier des charges des DMI

Approche multi-disciplinaire pour nos patients

