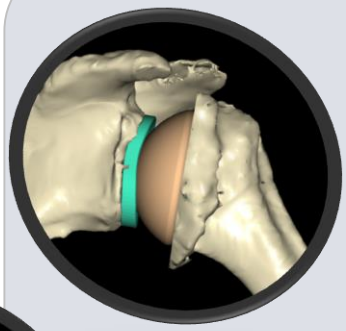
Etude des prothèses totales d'épaule inversées par simulation logicielle : Optimisation du choix des implants afin de maximiser la mobilité

Computer assisted planification and implant choice: Optimising range of motion in reverse total shoulder arthroplasty

Sous la direction de Monsieur le Docteur Jean CHAOUI
(Société Imascap® – Brest)
et de Monsieur le Professeur Eric STINDEL
(LaTIM – INSERM – Brest)

Hoel LETISSIER
Master 2 Signaux et Images en Biologie et Médecine

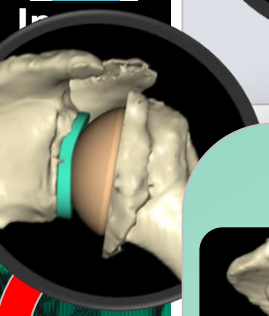
Introduction - Problématique

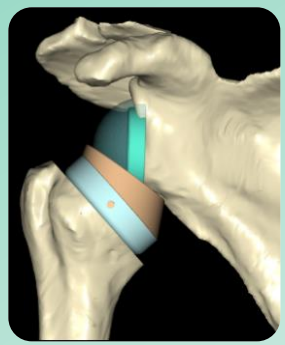


Prothèses d'épaule anatomiques :

Le choix des implants se fait afin de restaurer au mieux l'anatomie du patient

Choix des implants → Au plus proche de l'anatomie → Maximiser la fonction





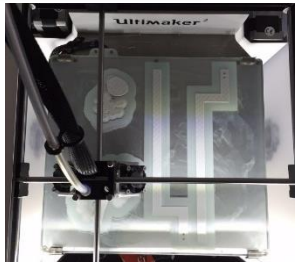
Prothèses totale d'épaule inversées:

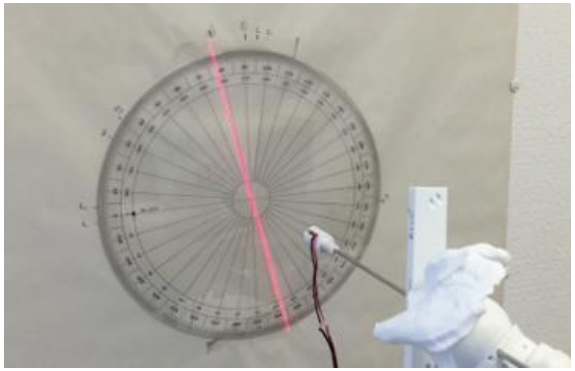
Résultats en terme de mobilités très variables :
- Problème d'encoche scapulaire
- Problème de faillite d'implant
- Recommandations pour le choix et le positionnement des implants ?
- Quel est l'impact sur les mobilités de la latéralisation humérale / glénoidienne ? L'angle cervico-diaphysaire ? L'excentration inférieure ?
- L'inclinaison inférieure ?

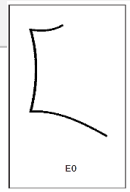
Choix des implants → ~~Au plus proche de l'anatomie~~ **Simulation Logicielle** → Maximiser la fonction

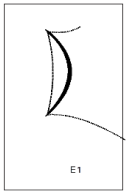
1) Validation de la simulation logicielle

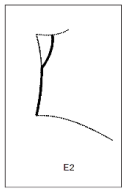
5 patients → Impression en 3D → Banc de validation

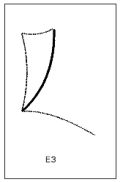








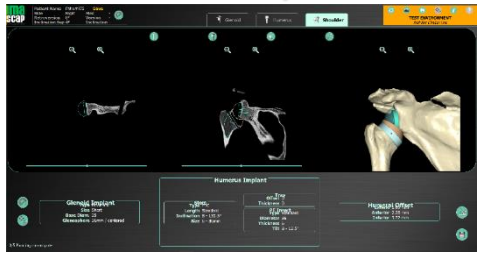


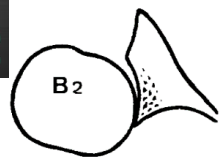


Scanners → Base de données anonymisée de scanners triés par un chirurgien sénior → 5 groupes représentatifs de patients éligibles à une prothèse d'épaule inversée

Normaux, E1, E2, E3, B2

Glenosys®





[1] Classification de Favard [2] Classification de Walch

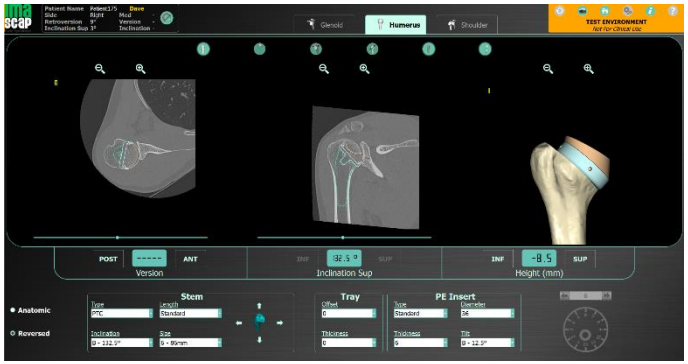
ima scap
Shoulder Augmented Surgery

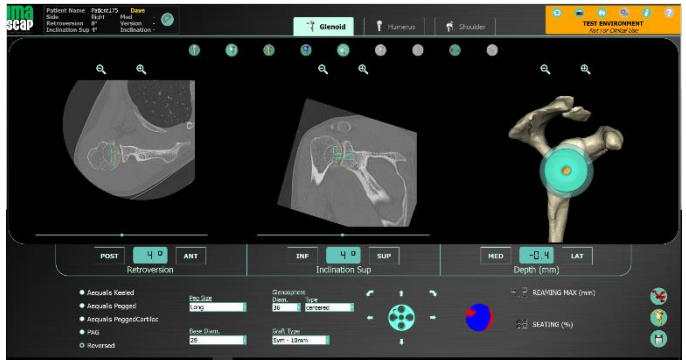
université de bretagne occidentale

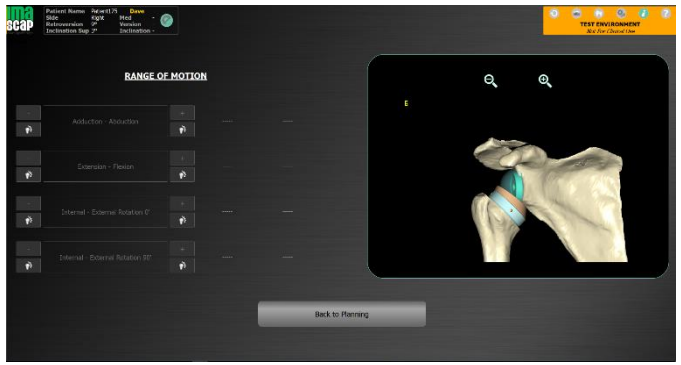
L@TIM Inserm

Glenosys® : étapes de fonctionnement

1. Segmentation automatique des formes 3D
2. Traitement des zones de fusion
3. Reconstruction 3D (implants, repères, coupe de l'humérus, position d'initialisation)
4. Calcul des amplitudes des mouvements et détection de collisions
5. Réalisation de guides sur mesure permettant de reproduire le planning chirurgical







1) Validation

5 patients : 5 configurations, 8 degrés de liberté par patient

Erreur : 1,5° ± 0,88°

Mouvement	Erreur moyenne (valeur absolue) ± écart type en degré
Adduction	**1,2**° ± 0,83°
Abduction	**1,8**° ± 0,44°
Flexion	**1,8**° ± 0,70°
Extension	**2**° ± 0,81°
Rotation interne 1	**1,2**° ± 1,09°
Rotation externe 1	**1**° ± 0,70°
Rotation interne 2	**2**° ± 0°
Rotation externe 2	**1,25**° ± 1,25°

ima scap
Shoulder Augmented Surgery

Etude des mobilités par simulation logicielle

N=814 → N=25 → N=1250 → = 925

Base de données triée → **5 groupes représentatifs** Normaux, E1, E2, E3, B2 → **Selection au hasard d'une cohorte avec sélection de 5 patients par groupe** → **50 configurations réalisées par patient** (N=25) → **Exclusion des configurations en collision lors de l'initialisationw** → **Analyse statistique**

Référence

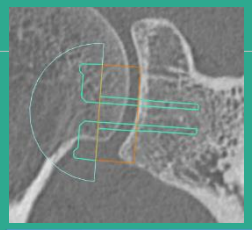
Glénosphère 36mm centrée

Add : 9,9°
Abd : 70,2°
Fle : 86,6°
Ext : 23,1°
RI1 : 74,8°
RE1 : 23,8°
RI2 : 167,8°
RE2 : 74,77°
Collisions en initialisation : 55/125

VS

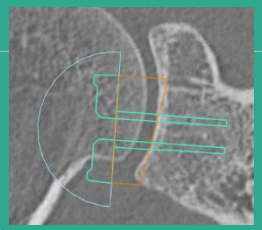
p<0,05

p<0,05



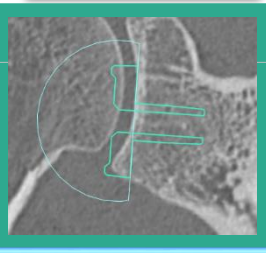
Glénosphère 36 greffe symétrique

Add : +12,3°
Abd : +8,2°
Fle : +26,6°
Ext : +19,1°
RI1 : -6,4
RE1 : +19,5
RI2 : +8,4°
RE2 : +34,68°
Collisions en initialisation 8/125



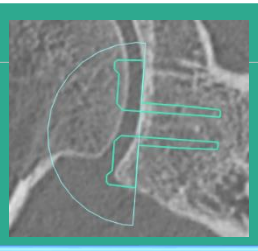
Glénosphère 36 greffe asymétrique

Add : +13,9°
Abd : +9,3°
Fle : +27,3°
Ext : +19,1°
RI1 : -1,9°
RE1 : +19,3°
RI2 : +7,1°
RE2 : +38,8°
Collisions en initialisation 7/125



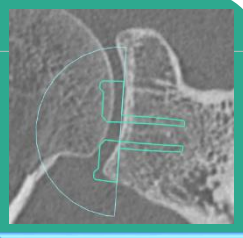
Glénosphère 36 excentrée latéralement

Add : +8,7°
Abd : 3,3°
Fle : +10,3°
Ext : +12°
RI1 : +8,6°
RE1 : +10,2°
RI2 : +2,2°
RE2 : +20,69
Collisions en initialisation : 14/125



Glénosphère 36 excentrée inférieurement

Add : +8,8°
Abd : NS
Fle : -2,1°
Ext : +9,9°
RI1 : +8,2°
RE1 : +11,9°
RI2 : +0,8°
RE2 : +21,2°
Collisions en initialisation : 29/125



Glénosphère 42mm

Add : +7,6°
Abd : -1,1°
Fle : 1,1°
Ext : +11,3°
RI1 : +11,4°
RE1 : +12,5°
RI2 : + 4,5°
RE2 : -5,5°
N Collisions en initialisation : 12/125

ima scap
Shoulder Augmented Surgery

Etude des mobilités par simulation logicielle

N=814 → N=25 → N=1250 → = 925

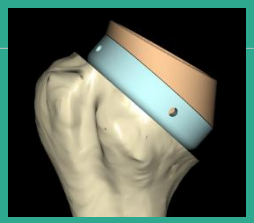
Base de données triée → 5 groupes représentatifs Normaux, E1, E2, E3, B2 → Selection au hasard d'une cohorte avec sélection de 5 patients par groupe → 50 configurations réalisées par patient (N=25) → Exclusion des configurations en collision lors de l'initialisationw → Analyse statistique

Référence

Humérus standard 145°

Add : 18,6°
Abd : 74,5°
Fle : 98,3°
Ext : 35,2°
RI1 : 77,9°
RE1 : 36,6°
RI2 : 171,5°
RE2 : 96,8°
Initialisation en collision : 23/150

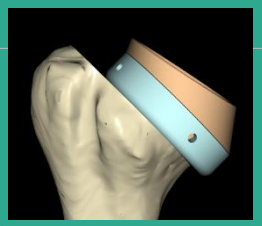
VS



Humérus médialisé

Add : +0,2°
Abd : +3°
Fle : +0,5°
Ext : -0,2°
RI1 : +0,3°
RE1 : +0°
RI2 : -0,5°
RE2 : +26,3°
Initialisation en collision : 20/150

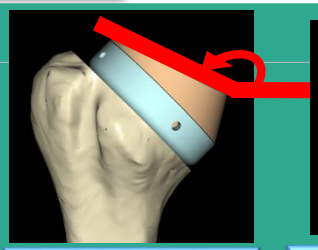
p<0,05



Humérus latéralisé

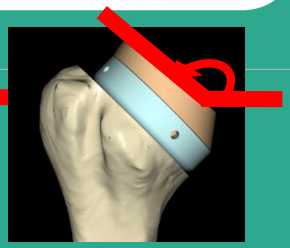
Add : -0,1°
Abd : -2,2°
Fle : +1°
Ext : +0,5°
RI1 : +0,5°
RE1 : -0,3°
RI2 : +1,7°
RE2 : -27,1°
Initialisation en collision : 32/150

p<0,05



Humérus 150°

Add : -4,3
Ext : -12,9°
RI1 : -4,3°
RE1 : -5,1°
RI2 : -0,8°
RE2 : +1,8
N Initialisation en collision : 45/150



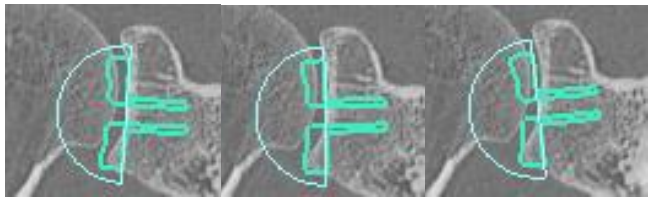
Humérus 140°

Add : +5,8°
Abd : -2,9°
Fle : -0,7°
Ext : +7,6°
RI1 : +2,3°
RE1 : +6,5°
RI2 : +1,3°
RE2 : -12,5°
N Initialisation en collision : 15/150

Analyse en régression linéaire : Hiérarchie des facteurs influençant la mobilité

Adduction :	Abduction :	Flexion :	Extension :
Taille de la glénosphère	**Latéralisation Glène**	**Latéralisation Glène**	**Latéralisation Glène**
Latéralisation Glène	**Humérus (med/lat)**	Taille de la glénosphère	**Angle de coupe**
Angle de coupe	Angle de coupe	Humérus (med/lat)	**Taille de la glénosphère**
Humérus (med/lat)	Taille de la glénosphère	Angle de coupe	Humérus (med/lat)
Rotation interne 1 :	**Rotation externe 1 :**	**Rotation interne 2 :**	**Rotation externe 2 :**
Taille de la glénosphère	**Taille de la glénosphère**	**Latéralisation Glène**	**Humérus (med/lat)**
Latéralisation Glène	**Latéralisation Glène**	Taille de la glénosphère	**Latéralisation Glène**
Angle de coupe	**Angle de coupe**	Humérus (med/lat)	Angle de coupe
Humérus (med/lat)	Humérus (med/lat)	Angle de coupe	Taille de la glénosphère

Inclinaison



+5° inf +10° inf

Différence des moyennes : 0° ± 0° (p=1)

La seule inclinaison ne modifie pas le centre de rotation donc ne change pas les amplitudes articulaires (dans le cadre d'un impant hémisphérique)

Cette étude permet grâce aux **choix des implants :**

- de **diminuer les encoches** scapulaires par le planning préopératoire

- de **maximiser les mobilités** dans de nombreux degrés de liberté

- d'**étudier** une population représentative des patients éligibles à une prothèse inversée et 1250 **configurations d'implants**

- d'étudier les mobilités au sein d'un **outil de planning chirurgical** intuitif, disponible en pratique clinique et **validé**

Shoulder Augmented Surgery

université de bretagne occidentale

Inserm

Références :

1. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Mole D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. The Journal of bone and joint surgery British volume. 2004;86(3):388-95.

2. Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. The Journal of arthroplasty. 1999;14(6):756-60.