

SORBONNE UNIVERSITÉ  
FACULTÉ DES SCIENCES ET INGÉNIERIE



Immersion en milieu hospitalier

---

Rapport de Stage

# Orthopédie

---

Tuteur de stage : Pr Lazennec

Etudiants : Julien JOYET 3800156 Laurent LIN 3808422

PARIS, JUILLET 2023



## Remerciements

En préambule, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé directement ou indirectement au succès de notre stage, qui sans eux l'expérience n'aurait pas été aussi enrichissante.

Ainsi, nous voulons remercier l'équipe hospitalière. Plus particulièrement le Pr. Jean Yves LAZENNEC, chirurgien orthopédique à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière - AP-HP, pour son accueil, ses explications, son encadrement de qualité et son implication pour nous permettre de mieux appréhender les interventions orthopédiques. Nous saluons l'équipe hospitalière pour sa bienveillance et sa bonne humeur qui nous a donné envie d'observer chaque opération.

Puis, un immense merci pour notre directeur de master M. Gérard Sou, qui sans lui, la recherche de stage aurait été semée d'embûches. Grâce à sa participation, il nous est possible de vivre une expérience unique du service d'Orthopédie de l'hôpital de la Pitié Salpêtrière. Cette expérience nous a permis de découvrir un univers différent de l'ingénierie, nous poussant à avoir des réflexions nouvelles, en conformité avec nos attentes.

Enfin, nous voulons également remercier les personnes qui nous ont aidé à réaliser le rapport de stage.

## Résumé

Ce mémoire est le compte-rendu de notre stage d'observation en milieu hospitalier, il met en avant nos observations au bloc opératoire en décrivant les opérations auxquelles nous avons assisté et fait l'exposé des problématiques, méthodes employées et conclusions tirées de la réalisation d'un projet d'étude de la transition Debout/Assis à l'aide des données issues du logiciel sterEOS.

Les résultats obtenus d'une liste de patients montrent que certaines valeurs de translation ou de rotation indiquent des anomalies chez les patients, il est donc nécessaire de mettre une prothèse totale de la hanche pour résoudre le problème. Les données obtenues par sterEOS permettent au médecin de vérifier s'il juge nécessaire d'opérer un patient. Ces valeurs servent notamment au robot chirurgical pour déterminer la quantité d'efforts nécessaire pour réaliser une intervention chirurgicale.

# Table des matières

0.1	Introduction . . . . .	4
<b>I</b>	<b>Observations</b>	<b>5</b>
0.2	Personnel du bloc opératoire . . . . .	6
0.3	Généralités opérations . . . . .	8
0.4	Opérations . . . . .	10
0.4.1	PTH . . . . .	10
0.4.2	PTE . . . . .	12
0.4.3	PDC . . . . .	14
0.4.4	PTG . . . . .	17
0.4.5	Révision Rachis Lominaire . . . . .	21
0.5	Personnels annexes liés à la santé . . . . .	22
0.5.1	Logisticien . . . . .	23
0.5.2	Stérilisation . . . . .	24
<b>II</b>	<b>Projet</b>	<b>26</b>
<b>1</b>	<b>Partie I</b>	<b>27</b>
1.1	Biomécanique de la transition Debout-Assis . . . . .	28
1.2	Explication des données . . . . .	29
1.3	Segmentation simple . . . . .	34
<b>2</b>	<b>Partie II</b>	<b>35</b>
2.1	Méthodologie . . . . .	35
2.2	Présentation des résultats . . . . .	37
2.2.1	Statistiques . . . . .	37
2.2.2	Visualisation découpe . . . . .	37
2.2.3	Justification du choix des seuils . . . . .	37

2.3	Analyse des différents groupes . . . . .	39
2.3.1	Présentation des groupes . . . . .	39
2.3.2	Analyse de la statique . . . . .	41
2.3.3	Analyse de la dynamique . . . . .	45
2.4	Discussion des résultats . . . . .	48
<b>III</b>	<b>Conclusion</b>	<b>49</b>

## 0.1 Introduction

L'imagerie médicale a une place importante dans la médecine actuelle. En effet le processus d'imagerie permet aux différents acteurs d'acquérir les informations amenant à cerner le problème rencontré chez un individu. De ce fait l'imagerie médicale est amenée à être utilisée en amont et en aval d'une intervention chirurgicale donnant la possibilité d'acquérir des informations sur le patient. Dans le cadre de notre formation, l'imagerie médicale est nécessaire pour extraire des informations en 2D ou en 3D sur l'anatomie.

Le stage en immersion dans le secteur hospitalier est divisé en deux parties : l'observation et le traitement de données entre la position assise et debout dans le cas d'une prothèse de hanche.

L'observation du bloc opératoire permet d'avoir une vision globale d'une intervention chirurgicale. En effet, cela permet d'avoir le point de vue du chirurgien qui se complète avec notre point de vue de bio-ingénieur. L'immersion nous donne notamment des informations sur les dispositifs médicaux (DM) utilisés, leurs usages (leurs classes) et toutes les procédures afin de s'assurer de la stérilité de la salle d'opération. Dans un premier temps, nous avons pu assister à la mise en place d'une prothèse totale de la hanche (PTH), une prothèse totale de l'épaule (PTE), une prothèse totale du genou (PTG), une prothèse du disque cervicale (PDC) et d'une révision rachis lombaire.

Pour chacune des interventions, une technique globale à toutes les opérations est employée. Toutefois, il est nécessaire d'employer des méthodes uniques à chaque opération chirurgicale. Les opérations chirurgicales, nous permettent d'approfondir nos connaissances concernant l'anatomie du corps humain.

Le traitement de données est un enjeu de premier plan. En effet, ces données de patients nous informent de différentes mesures permettant aux professionnels de la santé de détecter des anomalies concernant les os ou les organes. Nous espérons que nos analyses permettront d'avancer dans la compréhension de la biomécanique humaine et que cela servira aux professionnels de la santé et aux ingénieurs.

Première partie

Observations



## 0.2 Personnel du bloc opératoire

Le bloc opératoire est structuré d'un point de vue spatial par une zone stérile et une zone non-stérile.

Le personnel se trouvant dans ces zones a chacun un rôle spécifique, le personnel au sein de la zone stérile porte un habit supplémentaire : la casaque stérile et pour des opérations spécifiques un scaphandre.

Le personnel se trouvant dans la zone stérile doit à tout prix éviter tout contact avec toute personne ou objet se trouvant en dehors de la zone stérile afin d'éviter une faute sceptique.



FIGURE 1 – Séparation de l'espace stérile et non stérile dans la salle d'opération

### Acteurs de la zone stérile

**Le Chirurgien** Il s'agit d'un médecin chargé d'effectuer l'acte de chirurgie. Il a reçu le patient en consultation et a décidé du type d'opération à effectuer, quelle voie d'abord, quelle installation. Dans le cas de la pose d'une prothèse il aura décidé du type de prothèse qui doit être installée. Il est souvent accompagné d'un interne et parfois aussi d'un externe.



FIGURE 2 – Chirurgien

**L'infirmier instrumentiste** Il a pour but de fournir au chirurgien les outils dont il a besoin, il peut assister le chirurgien sur certaines tâches et aide le chirurgien à la compréhension et à l'utilisation de matériels spécifiques.



FIGURE 3 – Instrumentiste

#### Acteurs de la zone non-stérile

**L'infirmier circulant** Il fait la liaison entre la zone stérile et non-stérile en évacuant les déchets de la zone stérile, et en apportant les différents dispositifs à l'instrumentiste. Il remplit aussi un registre qui sert à la traçabilité des dispositifs médicaux.



FIGURE 4 – Infirmier circulant

**L'Anesthésiste** Il s'occupe d'anesthésier le patient et surveille l'état du patient durant l'intervention. Il est séparé de la zone stérile par un champ opératoire.

## 0.3 Généralités opérations

### Anesthésie

L'anesthésie est fondamentale pour une intervention chirurgicale. Cet acte permet d'endormir le patient, signifiant que le malade ne ressent pas de douleurs lors d'une opération. L'accord du malade est nécessaire pour pouvoir effectuer une anesthésie. Elle peut être employée de manière générale ou loco-régionale.

L'anesthésie utilise des produits tels que le propofol, le sévoflurane, l'isoflurane et le desflurane afin que le patient perde conscience.

### Voie d'abord

La voie d'abord est la voie par laquelle on va ouvrir le patient pour opérer. Choisir la voie d'abord est une étape importante car elles peuvent être très nombreuses pour l'opération d'une même zone anatomique et elles ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients.

Les caractéristiques déterminant le choix d'une voie seront :

- Si la voie utilisée permet une bonne exposition et manipulation de la zone anatomique à opérer.
- Si la voie utilisée présente des risques d'endommagements des nerfs ou de vaisseaux sanguins
- Si la voie peut générer des cicatrices inesthétiques.
- Si la voie peut engendrer des endommagements musculaires et osseux.
- Si la voie peut engendrer des endommagements de dispositif médical implanté (ex : pacemaker).

Ces caractéristiques seront à prendre en compte et devront satisfaire un compromis avantages/risques. La voie d'abord déterminera l'installation du patient.

### L'installation du patient

Elle est effectuée sous la responsabilité du chirurgien et de l'anesthésiste, elle doit permettre d'exposer la voie d'abord du patient et prendre en compte la direction privilégiée du chirurgien et le positionnement des amplificateurs de brillance.

### Incision

L'incision consiste à la découpe des téguments au niveau de la voie d'abord. Elle se fait à l'aide d'un bistouri mécanique pour la peau et d'un bistouri électrique pour les

parties grasses. L'incision doit être parallèle aux lignes de Langer qui correspondent aux lignes de tension de la peau afin d'éviter une extension des cicatrices et qu'elles soient plus esthétiques (figure 5).



FIGURE 5 – Lignes de Langer

### **Fermeture**

La fermeture du patient se fait à l'aide de deux fils différents, un fil qui se résorbe pour les tissus sous-cutanés et un fil non résorbant pour la peau, si la peau est de mauvaise qualité il pourra être nécessaire d'utiliser des agrafes. Par dessus la plaie on met un pansement "qui coûte cher".

## 0.4 Opérations

### 0.4.1 PTH

La mise en place d'une prothèse totale de hanche est une opération qui consiste au remplacement de la tête fémorale et de l'acétabulum par une prothèse. La prothèse est constituée d'une tige, d'une tête, d'un insert et d'un cotyle. la fixation de la prothèse peut se faire avec et sans ciment. Lors des opérations que nous avons observées les prothèses sont fixées sans ciment.

L'indication d'une prothèse de hanche se fait généralement pour cause d'arthrose de la hanche (figure 6).

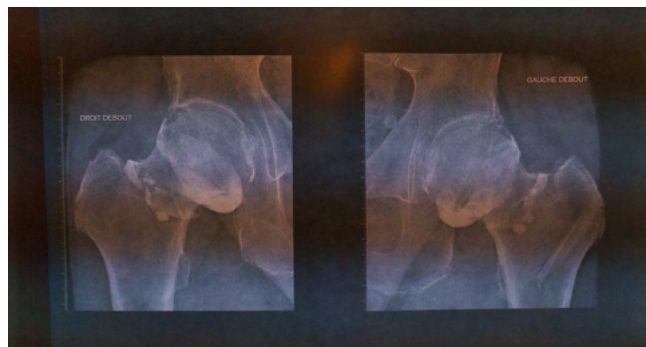


FIGURE 6 – Image pré-op

Les poses de prothèses de hanches auxquelles nous avons assisté sont non-cimentées, la fixation se fait en deux temps :

- Une fixation primaire mécanique qui nécessite une parfaite stabilité et l'absence de micro mouvements, elle est effectuée par impaction.
- Une deuxième fixation biologique ou l'os va s'intégrer à la prothèse (ostéo-intégration).

**Installation et voie d'abord (figure 7)** Le Patient est installé en décubitus latéral. L'installation d'une prothèse totale de hanche se fait de préférence par voie antérieure ou latérale afin de préserver les muscles glutéraux. L'incision se fait dans l'axe de la jambe au niveau du grand trochanter.

**Coupe de la tête fémorale (figure 8)** On luxé la hanche puis on découpe la tête fémorale à l'aide d'une scie oscillante au niveau du col du fémur.

**Mise en place de la cupule (figure 9-10)** On réalise une capsuloscomie et des clous sont placés afin de révéler le cotyle. Puis on effectue un fraisage hémisphérique avec des alé-

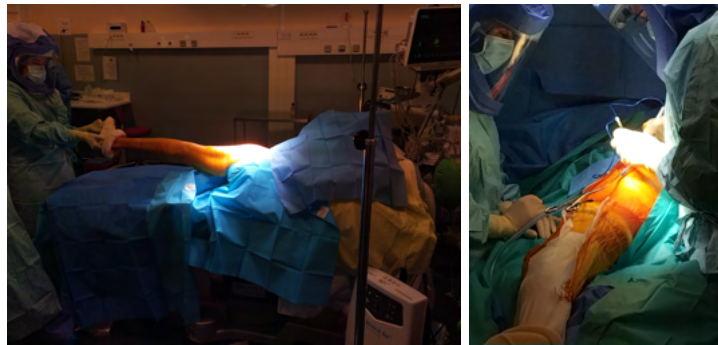


FIGURE 7 – Voie d'abord

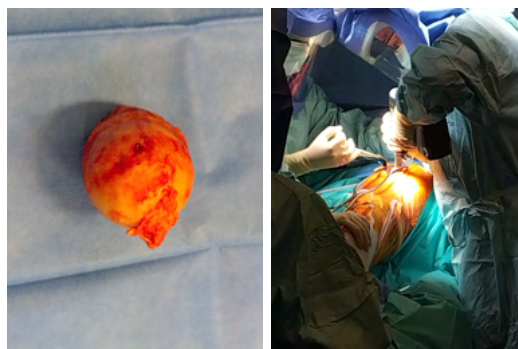


FIGURE 8 – Découpe de la tête du fémur

soirs de diamètres augmentant progressivement afin d'être régulier. Il faudra parfois aussi enlever des ostéophytes qui peuvent être présents à cause de l'arthrose.

Une cupule d'essai est utilisée afin de choisir les dimensions de la cupule. On placera ensuite la cupule définitive par impaction. On pourra s'aider d'une butée pour mieux caler le cotyle.

**Creusage du fémur (figure 11-12)** Pour repérer le canal centro-médullaire on utilise un ciseau emporte-pièce de forme rectangulaire, cela crée aussi l'amorçage du creusage du fémur.

Ensuite des râpes de plus en plus grande sont insérées afin de créer l'espace à l'intérieur du fémur qui accueillera la tige. La dernière râpe fait office de tige de test. Pour faire des tests de mouvements un cône et une tête d'essai sont également mis en place.

**Mise en place de la tête (figure 13)** La tête en céramique est insérée délicatement dans l'insert en polyéthylène à l'aide d'une presse et enfin la tête est placée sur le cône de la tige et la hanche est reluxée.



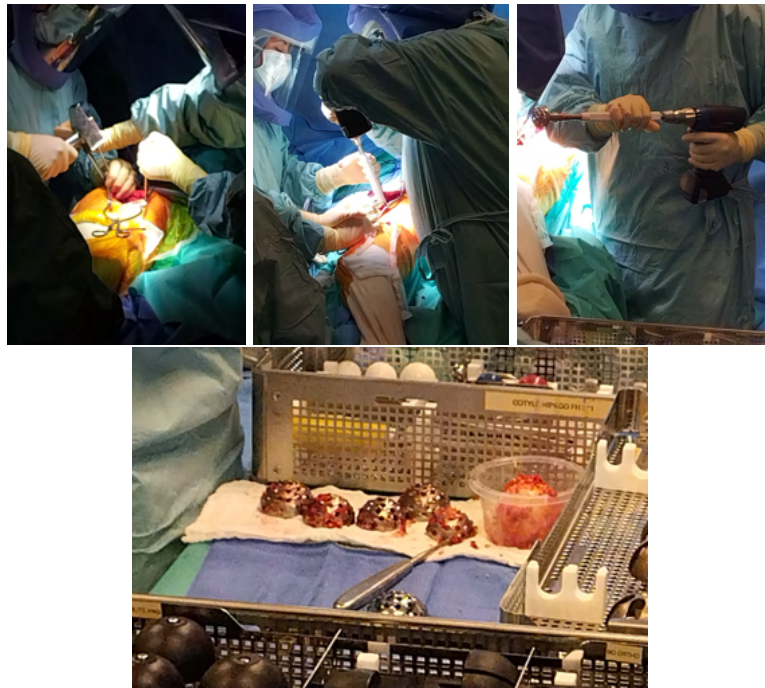


FIGURE 9 – Préparation du cotyle

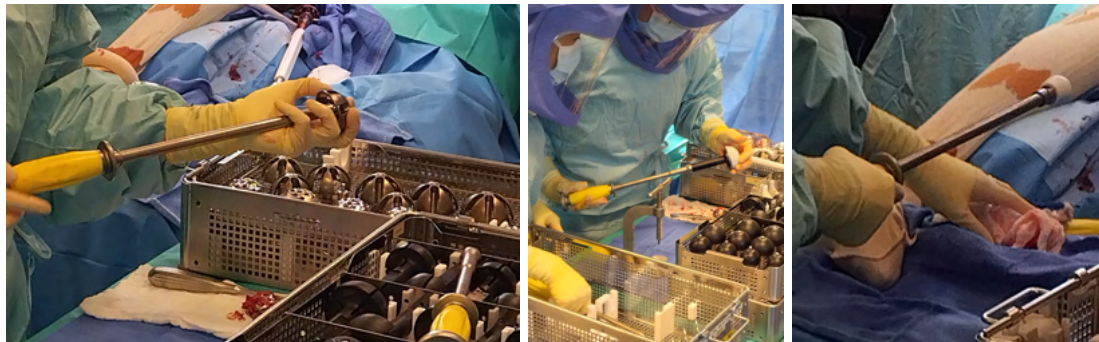


FIGURE 10 – Cotyle

#### 0.4.2 PTE

La mise en place de la prothèse totale d'épaule à laquelle nous avons assisté est une prothèse inversée de Grammont. Ce type de prothèse est utilisée pour favoriser l'utilisation du deltoïde pour l'élévation du bras lorsque la coiffe des rotateurs est détériorée.

La nécessité de cette opération est due à une détérioration du cartilage au niveau de l'articulation gléno-humérale, on peut voir figure 2.4 au niveau de l'épaule gauche que l'os de l'humérus est en contact direct avec l'os de la glène.

On peut voir aussi, à la droite de la figure 2.4, sur la tête de l'humérus après découpe que le cartilage est détérioré.

Le Patient est en position semi-assise, la voie utilisée est la voie antérieure, le membre

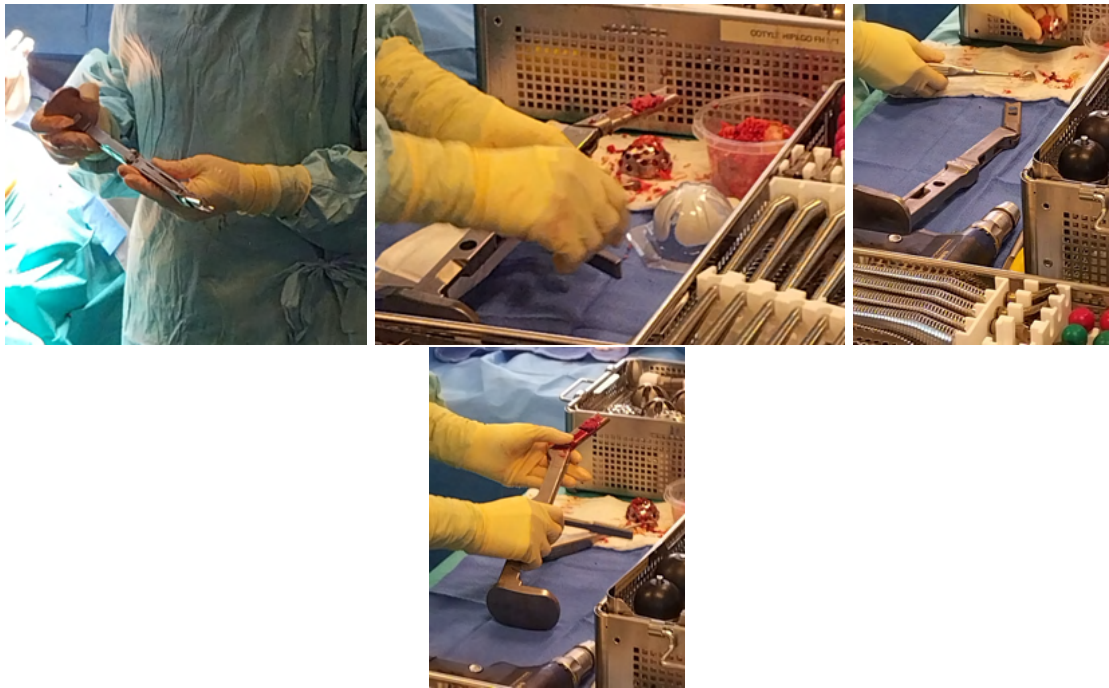


FIGURE 11 – Ciseau emporte-pièce



FIGURE 12 – Creusage du fémur

supérieur est dégagé afin de permettre la rétro-pulsion du bras essentielle pour la chirurgie prothétique.

La méthode utilisée pour la mise ne place de la prothèse d'épaule est assez similaire à celle de la prothèse de hanche. Il faudra couper la tête de l'humérus, creuser la glène à l'aide d'alésoirs et installer la glénosphère puis creuser l'humérus à l'aide de râpes et installer la tige.





FIGURE 13 – Mise en place de la tête

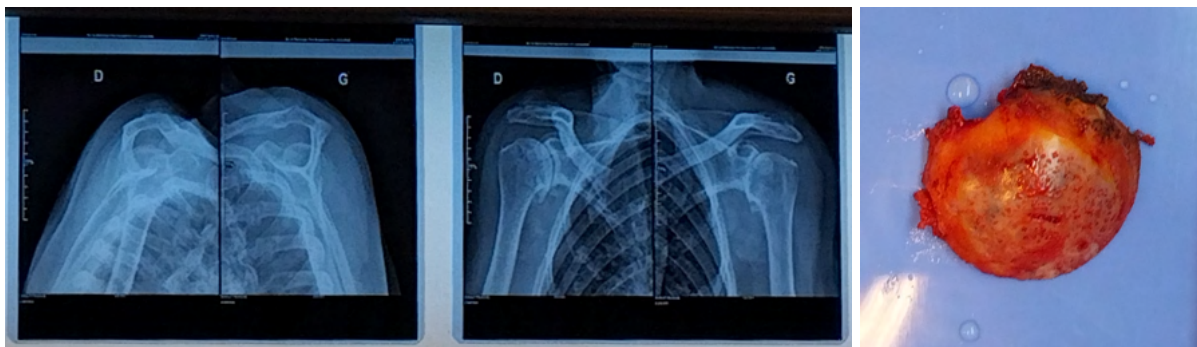


FIGURE 14 – Image pré-opératoire et tête de l'humérus

### 0.4.3 PDC

On indique la pose d'une prothèse de disque cervical généralement dans le cas d'une névralgie cervico-brachiale généralement due à une hernie discale. Elle nécessite l'ablation complète du disque intervertébral.

**Installation** Le patient est placé sur le dos.

**Incision** L'incision se fait horizontalement sur un pli du coup, à cheval sur le muscle sterno-cléido-mastoïdien. La voie d'abord est antérieure, il est important de contrôler la zone que l'on va inciser à l'aide d'un amplificateur de brillance et de marqueurs cutanés afin de cibler les disques à remplacer.

**Discectomie** Pour effectuer la discectomie il sera nécessaire d'installer un écarteur intersomatique afin de pouvoir accéder à la partie postérieure du disque, il faudra installer deux tiges vissées dans les vertèbres pour installer l'écarteur. Des pinces à disques et des curettes seront ensuite utilisées pour retirer le disque.

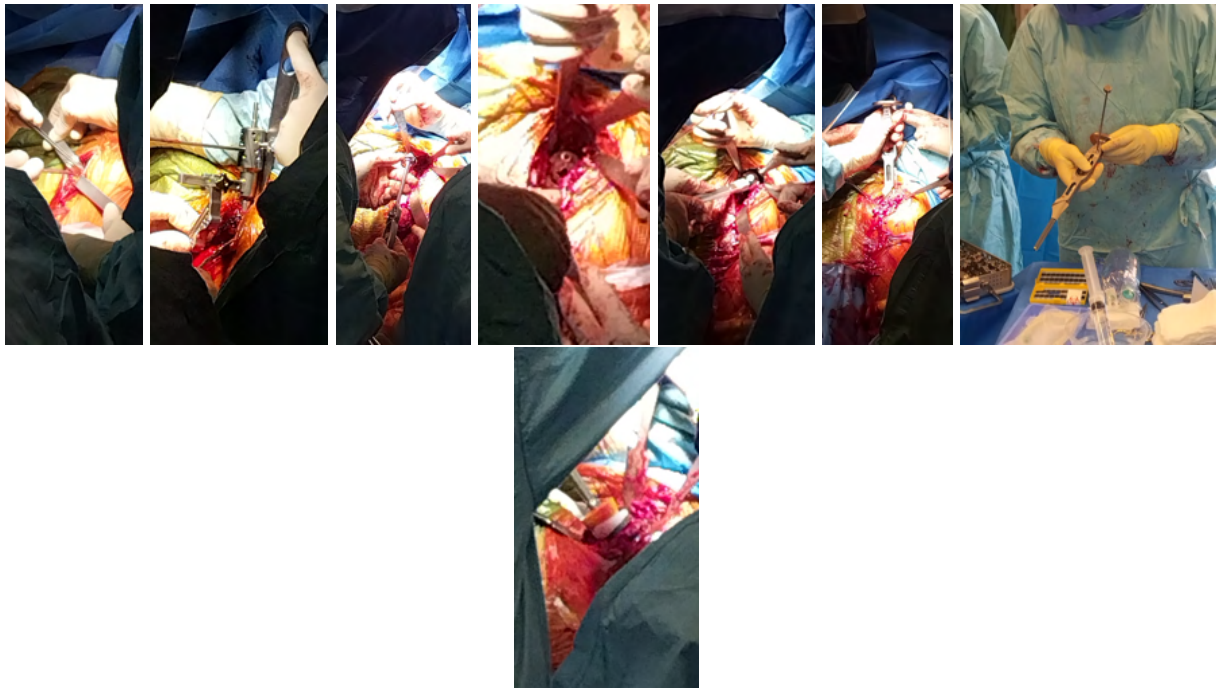


FIGURE 15 – Incision, coupe, mise en place metal back, metal back, glénosphère, creusage, mise en place de la tige

**Mise en place de la prothèse** Des fantômes seront utilisés pour contrôler la hauteur de la prothèse, puis la prothèse sera installée.



FIGURE 16 – Incision

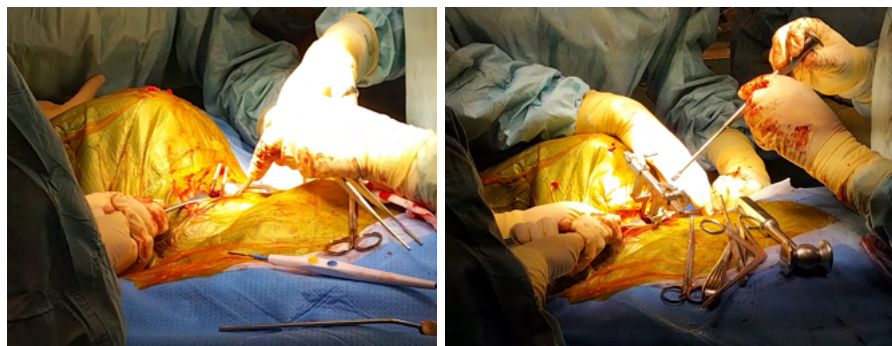


FIGURE 17 – Ecarteur

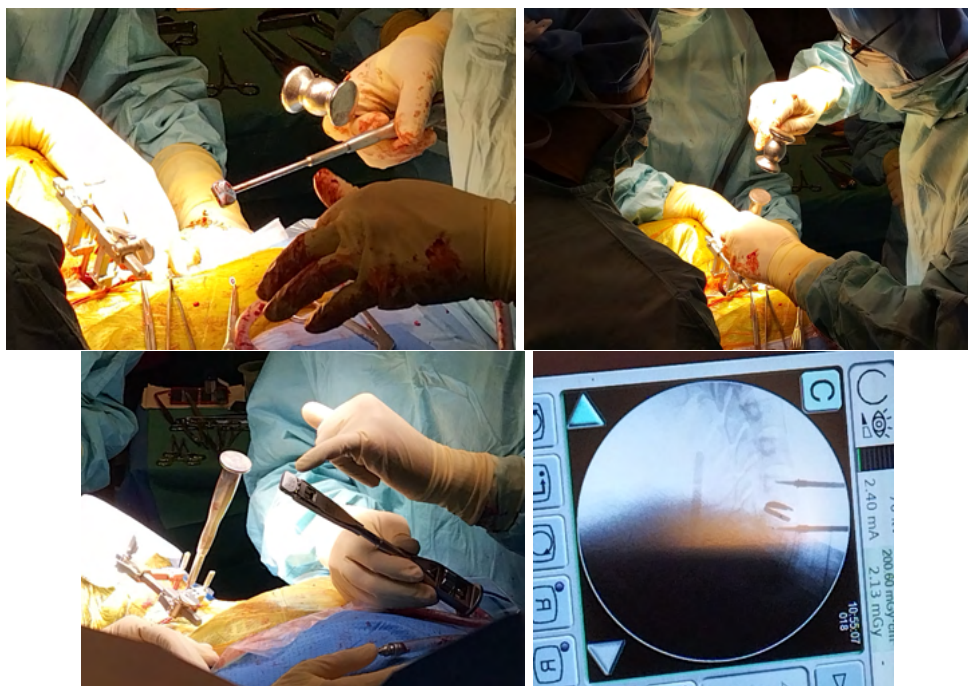


FIGURE 18 – Mise en place prothèse

#### 0.4.4 PTG

Contexte : La patiente est atteinte d'une maladie qui provoque une instabilité de sa prothèse qui fait que sa jambe est plus tendue. La difficulté est la pose d'une nouvelle prothèse tout en faisant attention aux ligaments pour ne pas désorienter l'axe.



FIGURE 19 – Radio du genou de la patiente pré-op

Lors de l'opération, on enlève la prothèse de la partie fémorale et du tibia. Comme la prothèse est cimentée, il faut décoller le ciment à l'aide d'un marteau et d'une scie. Cette étape permet notamment d'uniformiser la zone afin de pouvoir insérer la nouvelle pièce. La première étape de la chirurgie du genou est l'ablation de la tête fémorale. Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser une manipulation similaire afin de retirer la prothèse sur la partie fémorale et du tibia. Une scie électrique, un marteau et un alésoir sont nécessaires pour décoller le ciment et uniformiser la zone afin d'implanter la prothèse adéquate.

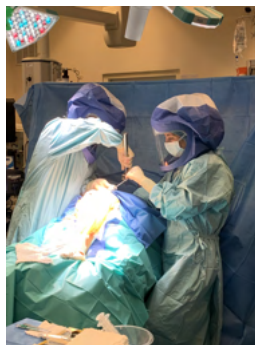


FIGURE 20 – Décollement du ciment

Lors de la mise en place de la prothèse, il est nécessaire d'utiliser plusieurs tailles de prothèses d'essais afin de trouver celle qui correspond au patient. Pour réaliser l'étape, le chirurgien utilise une taille au dessus à chaque implant de prothèse d'essai.



FIGURE 21 – Pose de la prothèse d'essai



L'utilisation du ciment permet une stabilité nette qui réduit le mouvement indésirable entre l'os et la prothèse. Le ciment à l'état initial est en poudre, une réaction chimique est réalisée afin d'obtenir une pâte. Cette pâte de ciment permet de recouvrir en totalité la PTG.



FIGURE 22 – Préparation de la prothèse à l'aide de ciment

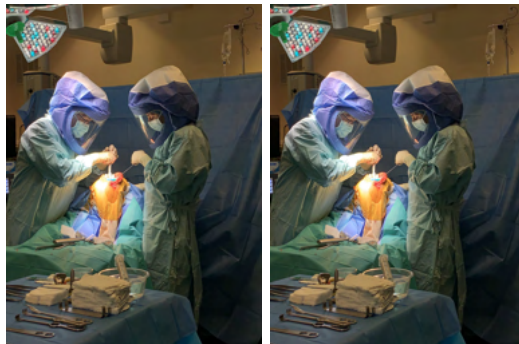


FIGURE 23 – Mise en place de la prothèse cimentée

Avant de procéder à l'implantation de la prothèse, il est essentiel de stabiliser le genou pour obtenir l'alignement correct, ce qui permettra de réaliser l'opération de manière adéquate en minimisant les risques de luxations.



FIGURE 24 – Étapes afin de s'assurer l'insertion de la prothèse

Après avoir réussi l'arthroplastie totale du genou, selon le protocole, une radio est réalisée afin d'observer le positionnement de la prothèse. Sur l'image post-op, la prothèse est ajustée parfaitement au genou de la patiente.



FIGURE 25 – Opération de radiologie



FIGURE 26 – Images radio du genou post-op

#### 0.4.5 Révision Rachis Lombaire

Les opérations de rachis lombaire auxquelles nous avons assisté ont été des révisions d'arthrodèses. Dans cet exemple (figure ??) une des tiges servant à maintenir les vertèbres est cassée, il est donc nécessaire de remplacer le matériel et de retirer la métalose qui a pu se former.

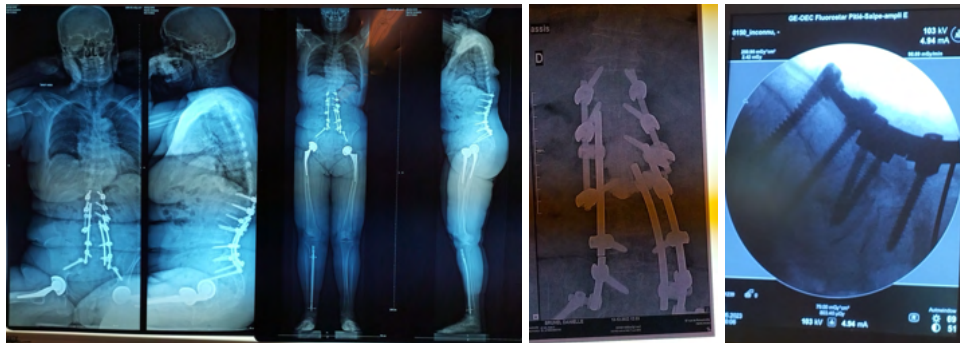


FIGURE 27 – Images pré-opératoires

Pour une chirurgie du rachis lombaire le patient est installé en décubitus ventral, l'incision se fait par un abord antérieur médian le long du relief épineux (figure 28).

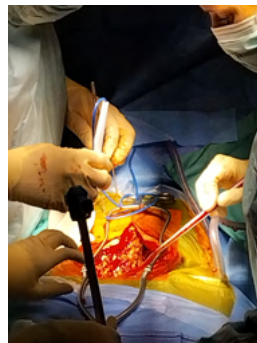


FIGURE 28 – Incision

Pour cette opération il a donc été nécessaire pour retirer le matériel de casser les greffes d'os effectuées pour l'arthrodèse puis de dévisser les vis pédiculaires, retirer les débris de métalose et remettre du nouveau matériel. (figure 29) .



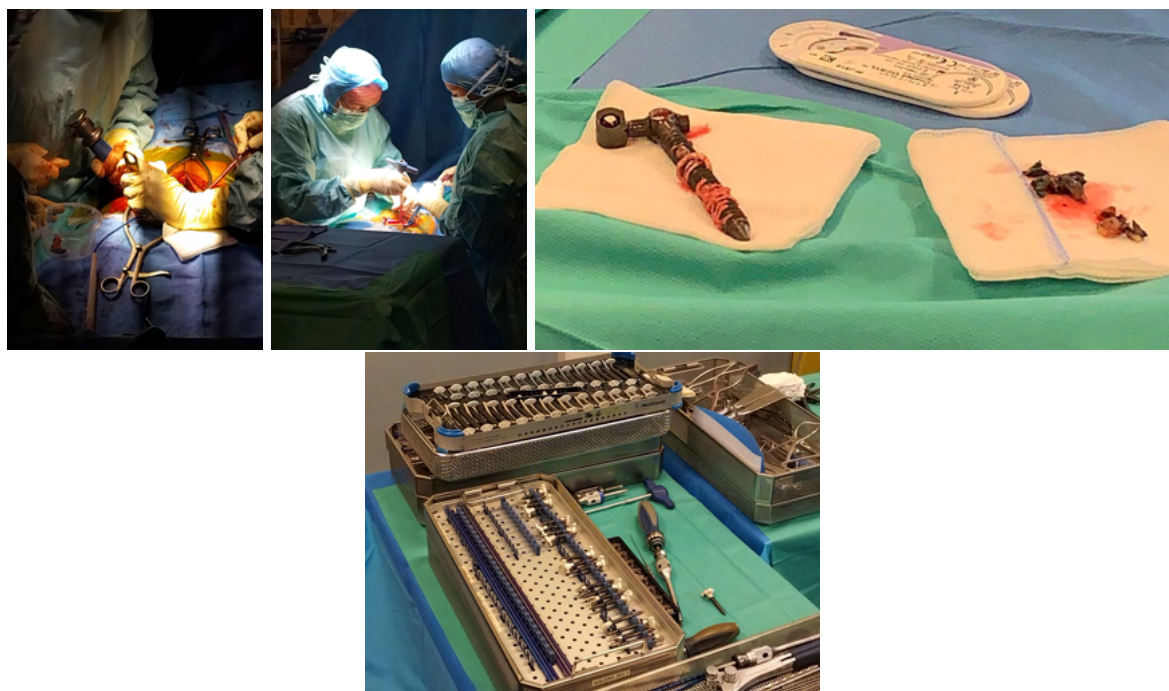


FIGURE 29 – Utilisation du ciseau/ utilisation du tournevis/ métalose et vis retirée/ ancillaire

## 0.5 Personnels annexes liés à la santé

### 0.5.1 Logisticien

Lors de notre immersion, nous avons eu la chance d'échanger avec les logisticiens s'occupant du réapprovisionnement des dispositifs médicaux (DM) invasifs ou non invasifs de l'orthopédie, de la maternité et des urgences.

Le rôle d'un logisticien est la supervision de la chaîne d'approvisionnement relevant les entrées et les sorties des dispositifs médicaux. L'objectif des logisticiens est la gestion des entrées et des sorties des produits, de sorte que tous les dispositifs médicaux soient utilisés avant la date de péremption et que le stock soit suffisant pour réaliser les interventions. Ainsi il est nécessaire d'optimiser la chaîne d'approvisionnement permettant de réduire les dépenses inutiles sur un surplus de stock.

Les logisticiens du bâtiment Cordier de l'hôpital de la Pitié Salpêtrière travaillent ensemble. En effet, l'effectif comporte un logisticien ayant tous les codes de la chaîne d'approvisionnement et une autre, étant autrefois infirmière, permet d'avoir un point de vue médical sur le réapprovisionnement. Le logisticien médical diffère d'un logisticien au sein d'une entreprise comme il a pour enjeu de sauver le plus de vie possible sans penser à faire de profit.

Le logisticien assure un rôle intermédiaire entre l'entreprise (agrée par le marquage CE) et les professionnels de la santé auxquels il assure la communication concernant les DM. Il assure la négociation des DM et des frais d'acheminement. Les logisticiens collaborent également avec les pharmacies et les autres hôpitaux. En effet, cela permet en cas d'indisponibilité d'un DM de pouvoir l'obtenir rapidement afin d'assurer la validité de l'intervention chirurgicale.

Afin d'optimiser le processus d'approvisionnement de la chaîne, le logisticien doit faire des statistiques sur les différents produits pour élaborer un plan stratégique d'achat avec une quantité moyenne et de concevoir des plans de gestion de risques lorsqu'un DM est indisponible ou en cas de catastrophe naturelle.

De ce fait, le logisticien doit posséder des compétences solides d'organisation afin de pouvoir superviser efficacement la chaîne afin d'utiliser le budget correctement et de prendre la décision la plus judicieuse possible. Cela permet d'améliorer la qualité des soins et de toujours garantir une prestation optimale au sein de l'établissement de santé.

### 0.5.2 Stérilisation

Au cours de notre stage dans le domaine hospitalier, nous avons eu l'opportunité de visiter la zone de stérilisation afin d'appréhender tout l'univers et tous les acteurs dans un établissement de santé.

La stérilisation concerne l'ensemble des procédures à appliquer afin de réduire au maximum toute forme de risques d'infections. Pour qu'un dispositif médical soit stérile, il faut que le DM ait une probabilité de micro-organisme inférieure à  $10^{-6}$  (norme européenne 556).

La stérilisation à l'hôpital consiste en la préparation de DM stériles avec le marquage CE tout en respectant les indications du fabricant. Les opérations de stérilisation se divisent en plusieurs parties :

- Pré désinfection : étape consistant à réduire le niveau de contamination de micro-organisme dans les DM avant la stérilisation.

- Stérilisation : Processus faisant intervenir des actions mécaniques, chimiques et thermiques dans le but d'éliminer les agents infectieux. Pour l'hôpital, la vapeur de peroxyde d'hydrogène est utilisée afin de diminuer la quantité de micro-organismes. Les machines employées pour nettoyer sont des autoclaves automatiques à bras rotatifs fonctionnant à l'air sec. Certains DM sont fragiles face à la température alors il faut prendre des mesures adaptées pour s'assurer de la stérilisation et du bon état du DM.

- Emballer : Utilisation d'emballages (drap ou sac) non détériorés ayant pour but de sceller, l'emballage formant une barrière microbienne (Sterile Barrier System).

- Contrôler : Vérifier le bon état des DM stériles et s'assurer le bon nombre de DM par conteneur.

- Stocker : Transport des conteneurs dans l'espace de stockage, prêt à être employés pour une prestation chirurgicale.



FIGURE 30 – Machine de stérilisation

Deuxième partie

Projet

# 1 Partie I

**Contexte** La chirurgie d'arthroplastie de la hanche est une chirurgie qui permet de restaurer une réelle autonomie pour certains patients. Par le passé une usure ou un traumatisme au niveau de la hanche pouvait signifier la fin de vie de la personne par la perte de la capacité à se lever et à marcher.

Le développement de la chirurgie de la hanche a donc de grands bénéfices mais elle nécessite pour la mise en place de la prothèse une capsuloscomie. N'ayant plus les ligaments pour maintenir la nouvelle tête du fémur dans l'acetabulum la prothèse est exposée à des risques importants de luxation.

Par le passé la planification pré-opératoire pour la pose d'une prothèse de hanche se faisait uniquement à l'aide de clichés du patient debout. Or c'est oublier que le corps humain est fait pour être en mouvement et que c'est ce mouvement qu'il faut restaurer chez les patient pour qu'ils récupèrent leur autonomie. Il a donc été mis en évidence ces dernières années l'importance d'étudier le corps dans un mouvement dans la planification pré-opératoire.

**Sujet de stage** Il consiste en l'étude de la transition assis/debout pour l'évaluation d'un potentiel risque d'instabilité d'une prothèse de hanche.

Le but de notre projet est donc de déterminer, à partir d'une base de données anatomiques provenant de scans type EOS et de ressources bibliographiques, les différents profils de transition assis-debout afin de pouvoir en déterminer les caractéristiques.

## 1.1 Biomécanique de la transition Debout-Assis

## 1.2 Explication des données

**Données brutes** Les données que nous devons exploiter sont de deux sortes, des données sur la morphologie des éléments anatomiques que l'on étudie et des données sur la posture de l'individu.

Pour l'étude de l'articulation de la hanche les données exploitées sont pour le rachis :

- Cyphose T1/T11 (°) : L'angle entre le plan de T1 et le plan de T11 qui présente la déviation de la colonne vertébrale fait bomber le dos.
- Lordose T12/S1 (°) L'angle entre le plan de T12 et le plan de S1 qui présente la déviation de la colonne vertébrale fait bosseler les lombes.
- L'angle spino-sacré (°) : Il correspond à l'angle que forme la ligne passant par 7ème vertèbre et l'angle sacré, nous pensons pouvoir utiliser sa variation pour déterminer la résultante de la mobilité globale du tronc.

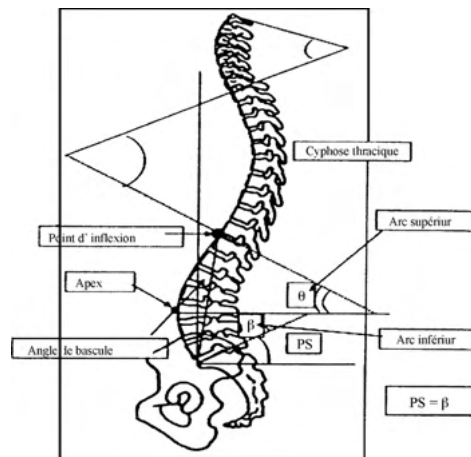


FIGURE 1.1 – Cyphose T1/T11 (°), Lordose T12/S1 (°), Pente sacrée

Pour le pelvis on a :

- IP (°) Incidence pelvienne, l'angle entre une ligne perpendiculaire au milieu de la plaque d'extrémité supérieure S1 et une ligne reliant le milieu du plateau supérieur S1 à l'axe reliant les centres des têtes fémorales.
- SS (°) Pente sacrée, l'angle entre la ligne horizontale et la plaque d'extrémité supérieure S1.
- VP (°) Version pelvienne, l'angle entre la verticale et une ligne rejoignant le centre des têtes fémorales au centre du plateau sacré.

Et pour l'équilibre global du corps on a :




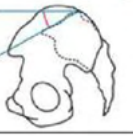

Paramètres pelviens	Valeur	
Incidence pelvienne (1)	58°	
Pente sacrée (1)	35°	
Version pelvienne (1)	23°	

FIGURE 1.2 – Paramètres pelviens

- C7-CSL (mm) La distance horizontale entre le fil à plomb C7 et la ligne sacrée centrale.
- SVA (mm) L'axe vertical sagittal, la distance horizontale entre le fil à plomb C7 et le coin postéro-supérieur du sacrum.

Nous utilisons ces données lorsque la personne est assise et debout. Lors de notre analyse nous avons essayé de voir la correspondance entre ces différents paramètres et voir si elles confirment nos hypothèses.

**Données transformées** Pour nos analyses nous utilisons aussi des données extraites des données brutes. Pour la grande majorité des données nous utilisons leur variation entre assis et debout. Des données importantes à utiliser sont aussi celles appelées "translation antérieure" et "translation supérieure". En effet ces données sont importantes car comme nous l'avons dit dans la partie portant sur la biomécanique de la transition debout/assis, elles permettent de se rendre compte de la composante horizontale et verticale du changement d'orientation des cotyles lors de la transition assis/debout.

Cette translation peut être exprimée de deux manières différentes, soit en considérant un "ratio de translation", soit en considérant "un coefficient de translation".

**Ratios de translation** Ces premiers paramètres sont une manière de quantifier le dégagement des cotyles vers l'avant lors de la transition assis/debout. Elle se base sur une formule qui utilise le ratio des segments horizontaux et verticaux de rectangles dont les sommets correspondent aux cotyles et au sacrum dans la configuration assise et debout, ces rectangles sont représentés figure 1.3.

Ne connaissant pas les distances réelles de translation ni la distance entre le sacrum et les cotyles nous faisons le rapport assis/debout des segments horizontaux et verticaux

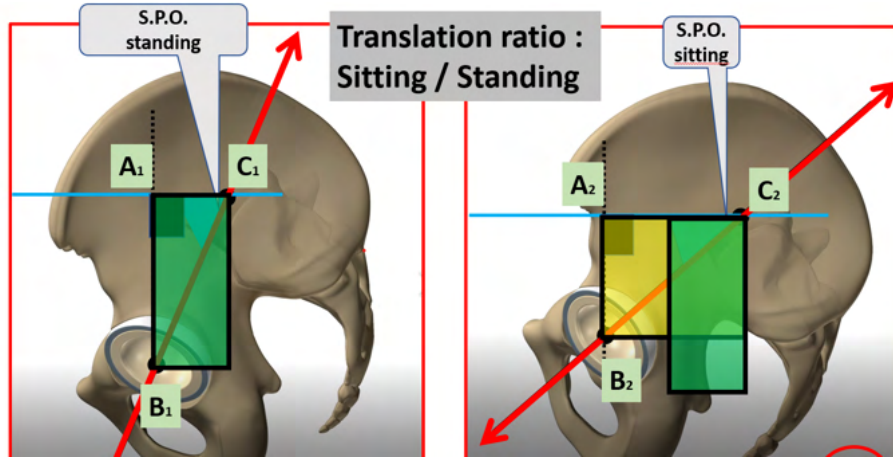


FIGURE 1.3 – Ratio de translation

pour éliminer ces inconnues. La formule utilisée est indiquée figure 1.4,  $x$  étant la distance entre le centre du plateau sacré et le centre des têtes fémorales.

$$\frac{A_2C_2}{A_1C_1} = \frac{x \sin(VP_2)}{x \sin(VP_1)} = \frac{\sin(VP_2)}{\sin(VP_1)}$$

$$\frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{x \cos(VP_2)}{x \cos(VP_1)} = \frac{\cos(VP_2)}{\cos(VP_1)}$$

FIGURE 1.4 – Formule ratio

Néanmoins ce paramètre nous paraît problématique car il favorise les cas où on aurait une version pelvienne faible debout. En effet si on prend le cas extrême où la version pelvienne serait égale à  $0^\circ$ , le ratio de translation antérieur obtenu serait infini, ce phénomène est illustré figure 1.5.

Si on prend  $V_{p1} = 0^\circ$  et  $V_{p2} = 1^\circ$  on obtient :

$$\frac{A_2C_2}{A_1C_1} = \frac{\sin(V_{p2})}{\sin(V_{p1})} = \frac{0,017}{0} = \infty \quad (1.1)$$

Or une variation de 1 degré ne peut pas représenter une bonne translation antérieure, le ratio de translation échoue donc à nous donner une bonne appréciation de la translation antérieure car le ratio obtenu sera très dépendant de la version pelvienne de départ.

**Coefficient de translation** Nous proposons une autre manière d'évaluer la translation antérieure et supérieure en utilisant la translation normalisée par rapport à la distance entre le centre du plateau sacré et le centre de la tête fémorale. Nous obtenons deux coefficients :

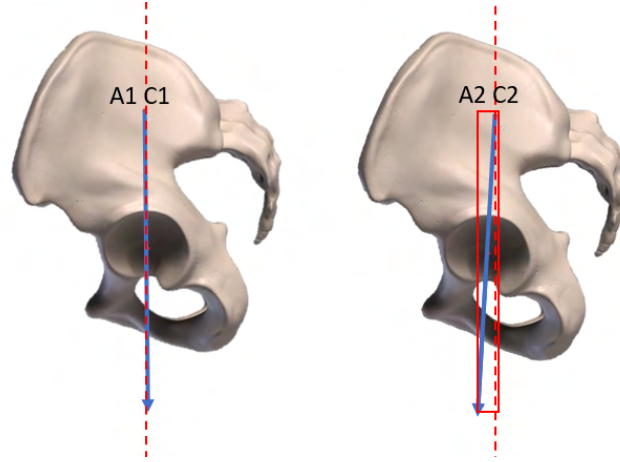


FIGURE 1.5 – Cas extrême

- $Q_{ta}$  : le coefficient de translation antérieur qui évalue l'avancement des cotyles vers l'avant lors de la transition debout/assis, compris entre 0 et 1
- $Q_{ts}$  : le coefficient de translation supérieur qui évalue l'élévation des cotyles vers le haut lors de la transition debout/assis, également compris entre 0 et 1.

Pour obtenir ces coefficients il existe deux manières :

- Mesure à partir de l'image : un médecin qui souhaiterait connaître ce coefficient à l'aide de l'imagerie devrait mesurer les distances  $A_1C_1$ ,  $A_2C_2$ ,  $A_1B_1$ ,  $A_2B_2$  et  $B_2C_2$  comme indiqué sur la figure 1.3 et appliquer les calculs :

$$Q_{ta} = \frac{A_2C_2 - A_1C_1}{B_2C_2}; Q_{ts} = \frac{A_2C_2 - A_1C_1}{B_2C_2} \quad (1.2)$$

- Détermination à partir des versions pelviennes debout et assis : Si on pose  $V_{p1}$  la version pelvienne debout et  $V_{p2}$  la version pelvienne assis, il suffit de calculer :

$$Q_{ta} = \sin(V_{p2}) - \sin(V_{p1}); Q_{ts} = \cos(V_{p1}) - \cos(V_{p2}) \quad (1.3)$$

La normalisation des coefficients est importante car les mesures de distances absolues sur une image peuvent être très approximatives.

La première manière permet bien la normalisation des coefficients par rapport à la distance entre le centre du plateau sacré et le centre des têtes fémorales car cela est fait explicitement dans le calcul des coefficients.

La deuxième manière permet bien d'obtenir des coefficients normalisés car par définition le sinus et le cosinus d'un angle correspond aux coordonnées d'un point situé sur le cercle trigonométrique qui a pour rayon 1, ce rayon correspondant à la distance entre le centre du plateau sacré et le centre des têtes fémorales.

Ces coefficients nous donnent entre autre le déplacement horizontal et vertical des cotyles en considérant la distance entre le centre du plateau sacré et le centre des têtes fémorales égale 1.

Cette distance n'influence donc pas les valeurs des coefficients.

Ce principe est illustré figure 1.6

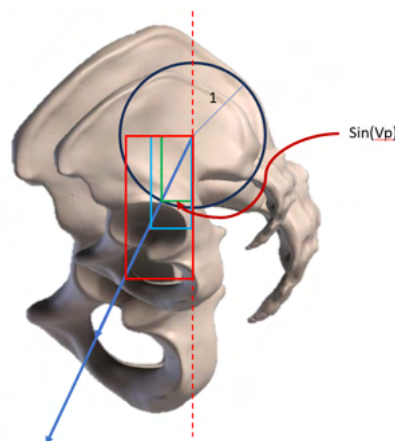


FIGURE 1.6 – Illustration de la normalisation

Calculons  $Q_{ta}$  pour le cas de la figure 1.5

$$Q_{ta} = \sin(V_{p2}) - \sin(V_{p1}) = \sin(1) - 0 = 0.017 \quad (1.4)$$

On obtient un coefficient faible ce qui correspond bien au cas présenté.

Ces coefficients ont donc pour avantage de ne pas être dépendants de l'échelle de l'imagerie, de ne pas être dépendants de la taille du pelvis et de ne pas être dépendants de la version pelvienne de départ.

## 1.3 Segmentation simple

## 2 Partie II

### 2.1 Méthodologie

**Extraction des résultats** Les données sont extraites des patients à l'aide de l'imagerie 3D proposée par l'EOS 3D. Le logiciel permet d'avoir les mesures sur les articulations du pelvis ou celles du rachis. De ce fait, des tableaux de données sont extraits et conservés dans des fichiers (type : xlsx). A l'aide de la bibliothèque panda sur python, il nous est possible d'établir des statistiques sur notre échantillon.

Nombre de patients	200
Sans prothèse	117
Prothèse de la hanche	51
Autres	33

FIGURE 2.1 – Cas d'études : échantillonnage

**Système de résolution** Afin de déterminer les différents individus selon leur profil de transition assis-debout, nous avons effectué un processus de filtrage sur divers paramètres des articulations des os.

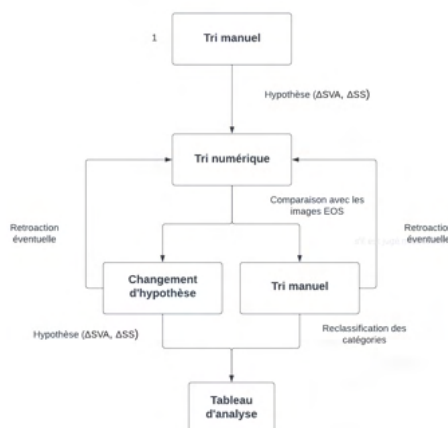


FIGURE 2.2 – Processus de détermination des profils assis-debout

- Tri manuel : un filtrage par observation est employé afin de classer les individus en différentes catégories en fonction de leurs profils. Ces catégories comprennent les utilisateurs de la hanche, ceux du rachis ou ceux qui basculent en arrière.
- Tri numérique : Une hypothèse de départ est admise, qui consiste à filtrer les individus selon la valeur du  $\Delta SS$  et du  $\Delta SVA$ . Les utilisateurs de la hanche possèdent un  $\Delta SS$  et un  $\Delta SVA$  inférieur à 10 degré et 10 mm respectivement. Les profils ayant un  $\Delta SS$  supérieur à 10 correspondent aux utilisateurs du rachis. Les utilisateurs qui contrebalancent sont les individus restants. Nous constatons un niveau moyen de tri, puisque le taux de correspondance de la bascule est faible, à 22%. Dans l'ensemble, les paramètres choisis sont pertinents. Cela est logique comme la pente sacrée est associée au rachis.
- Optimisation par changement d'hypothèse : Pour améliorer la séparation des transitions assis/debout pour les différents profils, nous avons décidé d'employer un autre paramètre nommé  $\Delta SSA$ . Ce paramètre nous apporte une information supplémentaire sur l'articulation du rachis, nous permettant de mieux distinguer les utilisateurs du rachis de ceux qui basculent en arrière. Par conséquent, nous avons modifié le seuil du  $\Delta SVA$  le définissant comme étant supérieur ou inférieur à 30 degrés ou millimètres, et nous avons également introduit une condition sur le  $\Delta SSA$  à laquelle les utilisateurs possédant un grand différentiel d'angle de pente sacrée sont les utilisateurs du rachis
- Re-classification par observation : Pour minimiser les artefacts, une réévaluation visuelle est effectuée pour assurer la concordance avec le tri numérique.

Profil	Tri numérique 1	Tri numérique 2	Tri après re-observation
Utilisateur du rachis	92,48%	96,00%	99,18%
Utilisateur de la hanche	85,45%	81,25%	98,44%
Utilisateur basculant à l'arrière	20,00%	72,73%	71,43%

FIGURE 2.3 – Taux d'apparition du profil

Après l'application de notre système de résolution. Une amélioration nette de la précision est remarquée. Une cohérence supplémentaire de 7% est observée pour le profil rachidien allant jusqu'à 99%. Pour les utilisateurs présentant une articulation de la hanche, une diminution est observée entre les deux étapes de tri numérique en raison d'un échantillon plus élevé. Toutefois après relecture, une marge d'erreur à 1.5% est identifiée. La différence la plus significative correspond aux individus exerçant un mouvement de bascule arrière. L'ajout du  $\Delta SSA$  permet d'isoler les individus ciblés ce qui se traduit par une augmentation du taux de détection triplant jusqu'à 77%.

## 2.2 Présentation des résultats

### 2.2.1 Statistiques

**Statistiques** Après l'utilisation du processus d'optimisation, les informations sur les patients permet de déterminer les critères de chaque profil de transition. De ce fait, il est envisageable de retrouver des similitudes dans chaque catégorie et en extraire des données utiles afin d'appréhender la transition assis/debout.

Paramètres	Moyenne	STD	Median	Minimum	Maximum
Pelvic_incidence_L_ass	57.17	13.11	56.26	22.44	89.82
Sacro_incip_L_assis	21.26	12.50	21.49	-6.11	59.71
Pelvic_inc_L_assis	35.92	12.57	35.74	6.92	68.46
Pelvic_incipity_L_mm	4.46	4.45	02.02	0.07	27.72
Pelvic_angle_variation_2	0.54	4.13	0.82	-10.59	14.62
Hypothese_T12_L2_ass	44.89	14.78	43.57	12.04	94.30
Lordosis_L1L2_L2_assis	32.47	15.90	31.49	2.41	73.06
SVA_L_mm_assis	46.40	31.69	50.11	-46.40	147.04
Spino_Sacro_angle_L	106.57	12.85	108.37	74.12	138.71
T12_T13_L_mm	94.05	3.80	94.07	-7.79	115.52
T9_T10_L_mm	15.26	5.98	15.11	-2.00	31.06
CTCth_mm_assis	11.83	8.75	10.59	0.15	56.87
Pelvic_incidence_L_deb	56.72	12.90	55.96	24.16	86.15
Sacro_incip_L_debou	37.76	10.37	38.17	-1.52	70.42
Pelvic_inc_L_debout	18.98	10.58	18.73	-13.26	59.87
Pelvic_angle_variation_2_mm	5.84	4.79	4.64	0.09	32.42
Pelvic_angle_variation_2	0.44	4.92	01.04	-20.85	14.46
Hypothese_T12_L2_deb	46.69	14.56	45.71	17.51	92.74
Lordosis_L1L2_L2_deb	52.60	13.81	53.25	4.74	90.78
SVA_L_mm_debout	29.30	44.10	27.56	-71.90	200.62
Spino_Sacro_angle_L_deb	125.37	22.23	125.24	74.50	159.88
T12_T13_L_debout	2.79	4.81	2.98	-18.07	15.58
T9_T10_L_debout	10.86	5.56	10.99	-5.13	26.81
CTCth_mm_debout	13.89	11.64	11.90	0.34	67.53
reflex_trans_H	2.36	3.81	1.70	-5.13	49.83
reflex_trans_V	0.85	0.13	0.88	0.39	01.09
delta_Lord	20.33	14.68	18.07	-4.02	62.54
delta_SV	16.50	11.50	14.94	-9.07	50.47
delta_SVA	19.10	39.43	23.21	-123.99	167.20
delta_Hyp	-1.80	8.22	-1.12	-20.94	46.70
T12_T13_L2_assis	11.22	8.26	10.50	-6.87	46.97
T12_T13_L2_debout	15.04	9.14	14.63	-14.04	52.80
delta_T12_T13	3.83	7.27	3.98	-19.74	35.63
lord	52.60	13.81	53.25	4.74	90.78
delta_VP	16.94	11.48	15.39	-10.20	48.87
delta_CTCth	-2.05	11.00	-1.26	-51.44	52.31
report_PT_angle_delta	4.59	23.86	1.77	-47.84	302.86
Pelvic_racho	18.52	15.66	15.78	-15.20	93.48
diff_delta_Lord_delta_S	6.38	5.17	5.69	0.08	35.63
trans_H	0.25	0.17	0.24	-0.16	0.71
delta_SSA	18.89	12.91	17.09	0.26	57.02
trans_V	-0.14	0.12	-0.11	-0.56	0.08

FIGURE 2.4 – Tableau statistique sur l'échantillon

### 2.2.2 Visualisation découpe

**Visualisation de la découpe** Pour visualiser la découpe que nous avons effectuée nous pouvons faire un graphique représentant le  $\Delta SS$   $\Delta SVA$  et  $\Delta SSA$  :

On peut remarquer la pertinence de la découpe par rapport au tri d'origine et au tri modifié. Nous remarquons par l'exactitude de la séparation entre "spine-user" et "hip-user" que le second tri a probablement été influencé par l'hypothèse que nous avons faite sur le seuil séparant les "spine-user" et "hip-user". Il est important de rappeler que le choix du seuil entre "spine-user" et "hip-user" est purement arbitraire, l'étrange exactitude du tri manuel n'est donc pas mauvais en soit, elle résulte d'un choix effectué lors du tri pour en garder la cohérence.

### 2.2.3 Justification du choix des seuils

**Justification du choix de nos seuils**



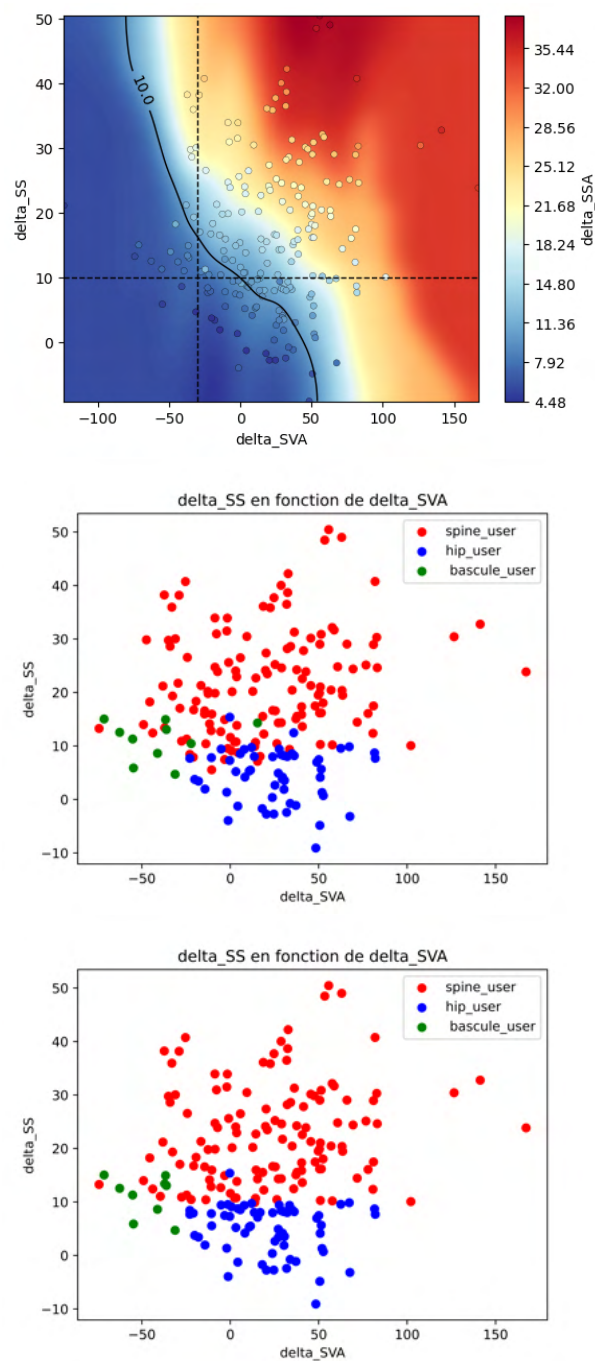


FIGURE 2.5 – Graphique du découpage, premier tri manuel, second tri manuel

## 2.3 Analyse des différents groupes

Cette partie consistera à dresser le portrait des différents groupes afin d'en connaître les caractéristiques à la fois sur leur posture et sur leur dynamique.

**Influence de l'incidence pelvienne** L'un des critères pour la pose d'une prothèse de hanche à double mobilité est la valeur de l'incidence pelvienne. En effet un des postulats de base est que plus l'incidence pelvienne sera grande et plus potentiellement la pente sacrée sera grande et plus potentiellement la réserve de mobilité du patient sera grande. Une incidence pelvienne faible en revanche réduirait par conséquent la réserve de mobilité ce qui pourrait augmenter le risque de luxation lors de la transition debout/assis. Il est donc préconisé la pose d'une prothèse à double mobilité pour les personnes ayant une incidence pelvienne faible. Néanmoins il a été observé que certains patients avaient une réserve de mobilité importante alors que leur incidence pelvienne et leur pente sacrée était faible, et que d'autres avaient une réserve de mobilité faible alors que leur incidence pelvienne et leur pente sacrée debout étaient élevées.

Dans cette partie nous aurons donc également un intérêt particulier à étudier l'influence de l'incidence pelvienne à la fois sur la statique des patients debout et assis et sur la dynamique de la transition assis/debout afin de voir si l'incidence pelvienne est bien un critère important dans le choix d'un type de prothèse.

### 2.3.1 Présentation des groupes

#### Statistique générale

**Études de données statistiques** Les informations relevées sur nos cas cliniques permettent d'interpréter l'existence ou non d'un comportement sur les mesures qui favorisent certaines postures. On remarque que les individus "hip user" possèdent un delta lordose, delta SS, delta SSA, delta VP moins élevés que les autres groupes. Cela indique une activité rachidienne dynamique plus faible, qui suggère une capacité réduite à s'appuyer sur la colonne vertébrale lors de la transition assis/debout. Par ailleurs le groupe "bascule user" présente un delta SVA négatif, ce qui signifie que la valeur de SVA en position assise est nettement supérieure à celle en position debout. Ce delta SVA présente une grande inclinaison du bassin vers l'avant en position assise, favorisant l'apparition d'une bascule à cette position.

#### Informations du rachis et du pelvis pour nos cas d'étude

**Informations du rachis et du pelvis pour nos cas d'étude** D'autres paramètres peuvent subvenir afin d'approfondir nos recherches pour la séparation de nos individus selon leur

Paramètres	Moyenne	STD	Median	Minimum	Maximum
Pelvic_incidence_1__assis	57.17	13.43	55.57	22.44	89.82
Pelvic_incidence_1__debout	56.91	13.35	55.93	24.16	86.19
Pelvic_tilt_1__assis	40.00	11.48	39.55	9.31	68.48
delta_lord	28.67	12.35	29.06	4.70	62.54
delta_SS	23.14	9.28	21.31	10.08	50.47
delta_SVA	25.92	38.62	26.72	-45.50	167.20
delta_SSA	26.26	10.98	25.04	7.11	57.02
delta_VP	23.39	9.45	21.67	06.06	48.87
trans_H	0.35	0.13	0.33	0.09	0.71
trans_V	-0.20	0.11	-0.17	-0.56	-0.01
ratio_trans_H	2.92	4.77	2.12	-5.13	49.83
ratio_trans_V	0.79	0.12	0.82	0.39	0.99

FIGURE 2.6 – Spine user

Paramètres	Moyenne	STD	Median	Minimum	Maximum
Pelvic_incidence_1__assis	57.74	12.39	57.05	29.45	82.27
Pelvic_incidence_1__debout	57.12	12.06	56.34	30.38	81.91
Pelvic_tilt_1__assis	28.41	11.32	26.99	6.92	66.16
delta_lord	7.83	06.03	7.57	-5.62	25.39
delta_SS	4.77	4.49	5.61	-9.07	9.93
delta_SVA	22.11	25.25	24.28	-22.89	81.93
delta_SSA	7.96	4.66	7.76	0.34	19.60
delta_VP	5.39	4.86	6.46	-10.20	15.82
trans_H	0.08	0.08	0.09	-0.16	0.23
trans_V	-0.04	0.04	-0.05	-0.15	0.08
ratio_trans_H	1.43	0.79	1.24	0.68	5.33
ratio_trans_V	0.95	0.05	0.95	0.80	01.09

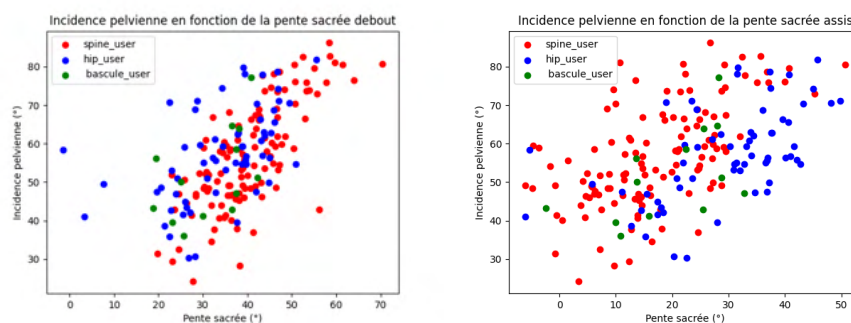
FIGURE 2.7 – Hip user

Paramètres	Moyenne	STD	Median	Minimum	Maximum
Pelvic_incidence_1__assis	54.65	14.15	51.81	33.76	81.80
Pelvic_incidence_1__debout	53.36	13.09	50.71	35.96	77.30
Pelvic_tilt_1__assis	34.62	11.67	36.60	16.45	54.23
delta_lord	4.75	4.48	06.03	-6.02	11.14
delta_SS	12.25	04.05	12.82	4.72	21.13
delta_SVA	-54.03	24.19	-46.44	-123.99	-31.20
delta_SSA	4.62	2.77	5.14	0.26	8.22
delta_VP	13.54	3.76	12.85	6.85	19.94
trans_H	0.20	0.06	0.20	0.12	0.30
trans_V	-0.11	0.06	-0.11	-0.24	-0.03
ratio_trans_H	1.77	0.49	1.62	1.21	2.55
ratio_trans_V	0.88	0.07	0.88	0.71	0.97

FIGURE 2.8 – Bascule user

FIGURE 2.9 – Tableaux statistiques des différents groupes

articulation lors de la translation assis/debout. Les analyses des cas cliniques concernant le basculement du pelvis en rapport avec la pente sacrée montrent une légère hausse de l'incidence pelvienne sur les autres catégories. Cependant, les données sont similaires pour tous les groupes alors la pente sacrée ne correspond pas à un critère afin d'évaluer le basculement du bassin par l'incidence pelvienne.



### 2.3.2 Analyse de la statique

#### Étude de l'équilibre sagittale

**Motivation** Selon cette étude [ref] nous savons que l'équilibre sagittale peut influencer l'orientation des cotyles, notamment un trouble de l'équilibre sagittale peut engendrer des compensations au niveau du pelvis et donc pourrait modifier l'orientation des cotyles, il serait donc intéressant d'étudier cette équilibre pour les différents groupes afin d'étudier le risque de luxation.

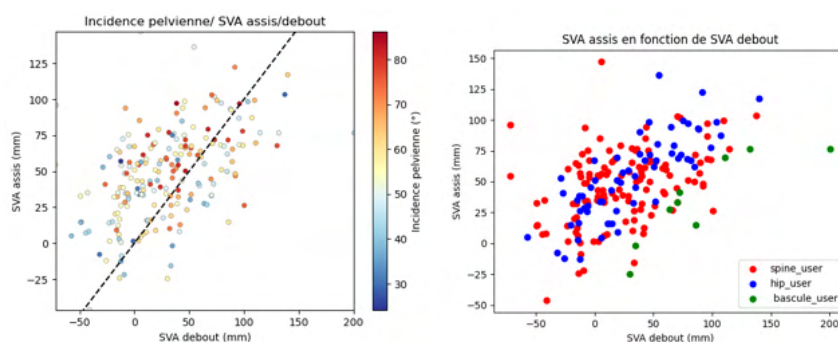


FIGURE 2.10 – Carte de l'équilibre sagittale assis et debout

**Étude de l'équilibre sagittal** Il est présent sur le premier graphique de la figure 2.10 une droite correspondant à une ligne de non-variation de l'axe sagittal. Le point se trouvant au dessus de cette droite correspond au patient qui se penche en avant lorsqu'ils s'assoient et les points se trouvant en dessous de cette droite correspondent aux patients qui se penchent

en arrière. En observant la répartition des points autour de cette droite on peut voir que le nuage de points est déporté au dessus de cette droite, on peut donc en déduire que lors de la transition debout/assis on tendance à déplacer leur axe sagittal vers l'avant. Pour ce qui est de l'incidence pelvienne on ne remarque pas de comportement particulier, on remarque néanmoins que les points se trouvant au centre du nuage ont une incidence pelvienne plus élevé.

Pour ce qui est de la répartition des groupes sur ce graphe on remarque le groupe des bascule-user se trouve tous en dessous de la droite de mobilité, ce qui correspond à ce que l'on pourrais attendre vu que les bascule-user bascule leur tronc vers l'arrière pour dégager leur cotyles.

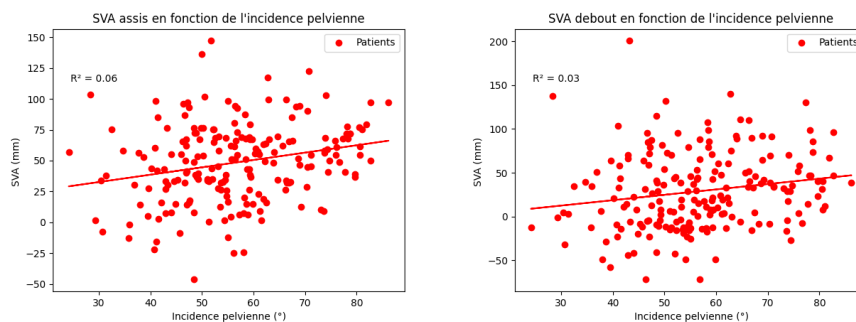


FIGURE 2.11 – Influence de l'incidence pelvienne sur l'équilibre sagittale

Rien ne peut être identifié de la figure 2.11, les  $R^2$  sont beaucoup trop faible, l'incidence pelvienne n'aurait pas d'influence sur l'équilibre sagittal.

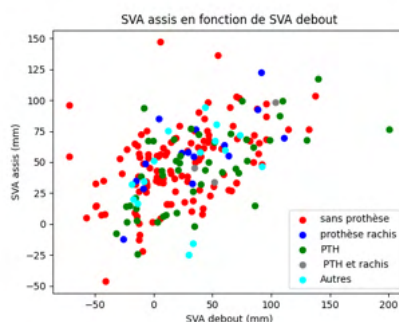


FIGURE 2.12 – Répartition selon le type de prothèse

Si on observe la répartition des prothèses on observe que les prothèses se répartissent de manière homogène, néanmoins on remarque que les patients avec une arthrodèse du rachis ont tendance à se trouver plus proche de l'axe de  $y=x$ . Les personnes avec une arthrodèse auraient tendance à maintenir leur équilibre sagittal mais on n'a pas assez de données pour conclure.

**Résumé** L'analyse de ces graphiques nous permet de visualiser le fait que lors de la transition debout/assis l'axe sagittale a tendance à s'avancer et il nous permet de visualiser le groupe des bascule-user comme étant des patients basculant leur équilibre sagittale en arrière (avec un delta-SVA en moyenne de -54 contre 22 pour les hip-user et 26 pour les spine-user).

### Étude de l'orientation des cotyles

**Motivation** Dans cette partie nous allons caractériser les groupes selon l'orientation des cotyles représentée par la version pelvienne. L'orientation des cotyles en position assise a une très grande importance car c'est principalement ce paramètre qui détermine le risque de luxation.

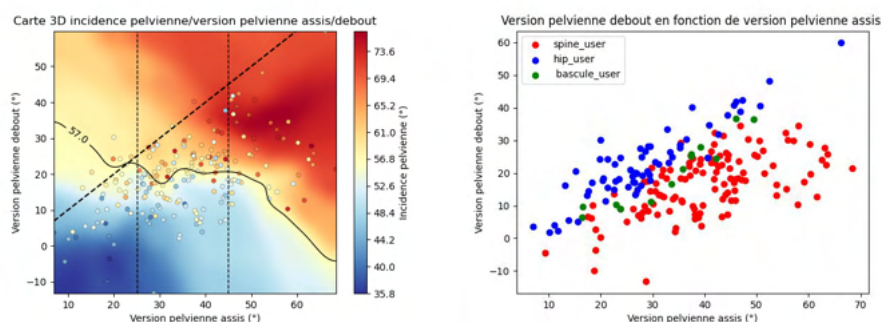


FIGURE 2.13 – Carte 3D de l'incidence pelvienne en fonction des versions pelviennes assis/debout, carte des groupes selon leur version pelvienne

**Étude de la version pelvienne assis/debout** Sur le graphique 3D figure 2.13 est présent un axe qui correspond à l'axe  $y=x$ , cet axe peut correspondre à un axe de "non-mobilité", plus le point s'éloigne de cette axe plus la mobilité du patient est grande. C'est ce qu'on observe lorsqu'on regarde la répartition des groupes sur le second graphique, les "hip user" auront tendance à être proches de l'axe  $y=x$  et les "spine user" auront tendance à s'en éloigner.

Aussi tous les points se trouvant au dessus de cet axe sont des cas où la transition debout/assis s'accompagne d'un basculement antérieur (antéversion) du pelvis, les points qui se trouvent en dessous correspondent à des cas où la transition debout/assis s'accompagne d'un basculement postérieur (rétroversion) du pelvis.

Si on fait une simple description de la répartition globale des points on remarque que pour une même version pelvienne debout on peut trouver des versions pelviennes assises allant de l'axe  $y=x$  à 60° de version pelvienne assise. Il est possible d'interpréter de cette répartition que l'unique influence de la version pelvienne debout est que la version pelvienne assise est supérieure à la version pelvienne debout dans la grande majorité des

cas, à part cela la version pelvienne debout n'a pas d'influence sur la version pelvienne assis. L'apparente linéarité de la répartition des points serait en fait due à un écrasement du nuage de points sous cette limite  $y=x$ .

**Étude de l'influence de l'incidence pelvienne** Concernant l'influence de l'incidence pelvienne, on remarque que l'on peut distinguer trois zones selon la version pelvienne assis, zone 1  $< 25^\circ$ ,  $25^\circ <$  zone 2  $< 45^\circ$ ,  $45^\circ <$  zone 3. Dans la zone 1 la majorité des patients ont une incidence pelvienne inférieure à la moyenne, dans la zone 2 l'incidence pelvienne semble uniquement influencer la version pelvienne debout, les patients de la zone 3 ont une incidence pelvienne supérieure à la moyenne.

L'incidence pelvienne semble donc corrélée à la version pelvienne assis dans les cas extrêmes où la version pelvienne est  $>45^\circ$  ou  $<25^\circ$ , mais dans une majorité des cas l'incidence pelvienne joue uniquement sur la version pelvienne debout.

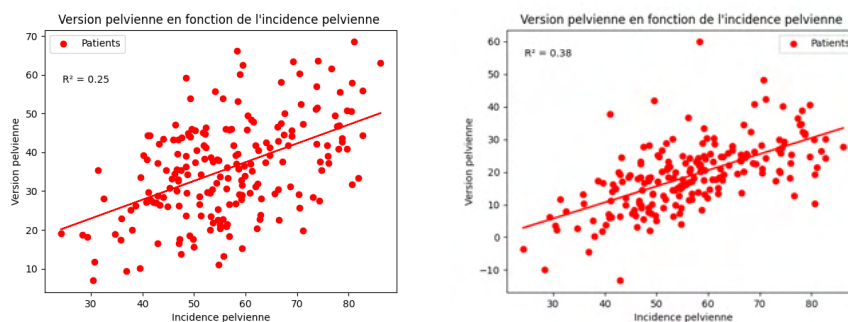


FIGURE 2.14 – Corrélation brute de l'incidence pelvienne sur la version pelvienne

Sur ces deux autres graphes (figure 2.14) on peut voir une certaine corrélation entre l'incidence pelvienne et la version pelvienne. Globalement une incidence pelvienne grande est associée à une version pelvienne grande. Néanmoins on remarque que ce lien est plus fort pour l'incidence pelvienne debout que l'incidence pelvienne assis. La valeur du  $R^2$  est de 0.38 pour le graphe représentant la version pelvienne debout et seulement 0.25 pour la version pelvienne assis.

Une déduction pourrait être faite que l'incidence pelvienne a une influence limitée sur l'orientation des cotyles. Mais comme on l'a vu elle ne serait pas à négliger dans les cas extrêmes.

**Comparaison avec les types de prothèses** La figure 2.15 ne nous indique aucun lien entre le type de prothèse et les versions pelviennes et l'incidence pelvienne.

**Résumé** En résumé cette analyse nous permet de repérer des éléments nous indiquant que la posture debout ne prédéterminerait pas la posture assis. En parallèle l'influence de



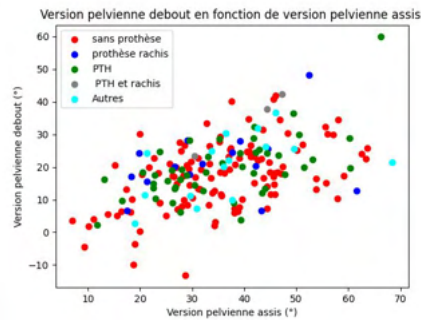


FIGURE 2.15 – Répartition selon le type de prothèse

l'incidence pelvienne sur l'orientation des cotyles semble nous indiquer une forte corrélation entre l'incidence pelvienne et la version pelvienne debout, mais l'incidence pelvienne semble liée à la version pelvienne assis uniquement extrêmes  $<25^\circ$  et  $>45^\circ$ .

Ces conclusions que nous avons obtenues proviennent en partie du résultat du  $R^2$  mais principalement de la description des graphiques, ces conclusions mériteraient d'être confirmées par une analyse statistique plus poussée.

### 2.3.3 Analyse de la dynamique

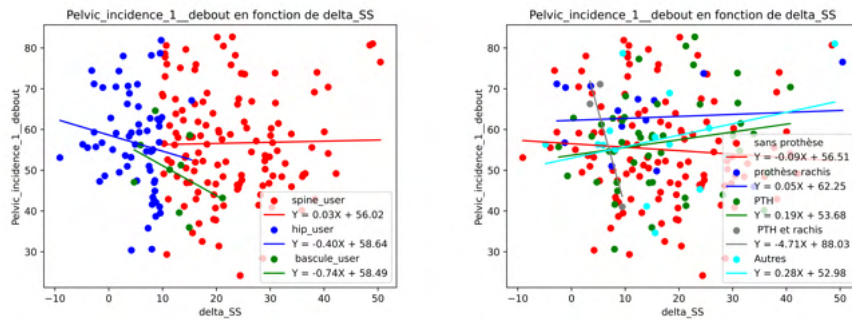
#### Étude de la réserve de mobilité

**Motivation** L'étude de la réserve de mobilité est un point clef pour évaluer le risque de luxation lors de la transition debout/assis. En effet c'est cette mobilité qui va permettre le dégagement de cotyles vers l'avant et vers le haut.

**Corrélation des paramètres de la transition assis/debout pour la réserve de mobilité** Il est intéressant de noter que la majorité des "hip user" ont un faible  $\Delta SS$  généralement inférieur à  $10^\circ$  situés. Quant aux patients classés comme "bascule user", leur  $\Delta SS$  se trouvent autour de  $10^\circ$  pour le  $\Delta SS$ . En revanche, les individus de la classe "spine user" possèdent un  $\Delta SS$  supérieur à  $10^\circ$ . Ces analyses montrent que les "spine user" font appel majoritairement à leurs articulations vertébrales pour réaliser la translation du bassin. Cela a pour conséquence d'avoir une version pelvienne plus significative, mesurée par un  $\Delta SS$  élevé. Tandis que les "hip user" ont tendance à minimaliser leur utilisation du rachis. Cela explique leur  $\Delta SS$  faible, ces individus emploient d'autres stratégies afin de réaliser le mouvement de la translation pelvienne.

Ces constatations mettent en évidence les variations individuelles dans l'utilisation des articulations vertébrales et d'autres articulations, ce qui est en lien avec la posture, la stabilité et les mécanismes de compensation chez les patients avec ou sans prothèses.





Le graphique de classement par les types de prothèses nous indique que les implants n'ont pas d'effets majeurs sur l'utilisation de la vertèbre pour réaliser le tilt pelvien sauf les individus à prothèse du rachis qui possèdent une incidence pelvienne plus significative que la normale. Cela se manifeste par rotation plus importante du rachis afin de compenser la perte de mobilité du rachis due à la prothèse.

### Étude de la translation

**Motivation** La translation est un indicateur important de la bonne mobilité du pelvis et donc du risque de luxation. Nous allons l'étudier à l'aide des ratios de translation et des coefficients de translation. Étudier la translation verticale et horizontale nous permet d'isoler les deux phénomènes d'avancement des cotyles et d'élévation des cotyles, ce qui plus difficilement observable avec la simple variation de version pelvienne.

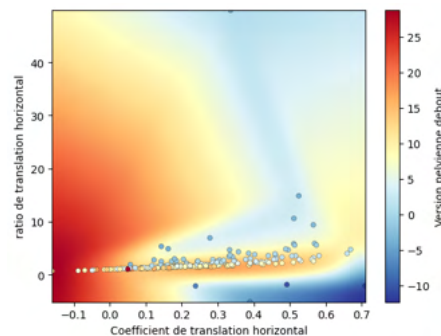


FIGURE 2.16 – Comparaison entre le ratio de translation et le coefficient de translation

**Comparaisons ratio/coefficient** Ce graphique figure 2.16 expose bien le potentiel problème du ratio de translation. On remarque que beaucoup de points dont le ratio de translation explose correspondent à des patients ayant une version pelvienne faible. Comme dans le calcul du ratio on a divisé le sinus de la version pelvienne par rapport au sinus de la version pelvienne debout, si la version pelvienne debout est faible on risque de réaliser une division par un nombre proche de 0 et obtenir un ratio démesuré. C'est ce qui explique

les points ayant des ratios "sortant" de la courbe et qui ont une version pelvienne debout faible. Ces valeurs divergentes ont tendance à rendre illisibles les graphiques donc à partir de maintenant on utilisera les coefficients de translation.

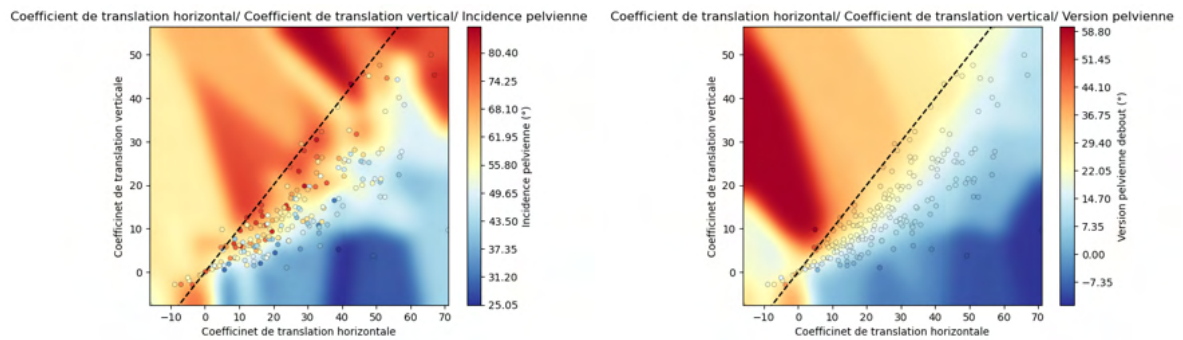


FIGURE 2.17 – Coefficients de translations en fonction de l'incidence pelvienne et la version pelvienne debout

**Étude de la translation verticale et horizontale** Sur les graphiques de la figure (2.18) est présent une droite d'équation  $y=x$  qui correspond à un axe où la translation horizontale est égale à la translation verticale. La version pelvienne debout étant fortement corrélée avec l'incidence pelvienne les deux graphiques se ressemblent fortement. On observe que plus la version pelvienne se rapproche de  $45^\circ$  plus les points sont proches de l'axe  $y=x$ . Ce qui est logique car cela correspond au point où les cosinus et sinus sont égaux.

En revanche cela nous fait remarquer que l'incidence pelvienne ne serait pas déterminant pour une bonne translation.

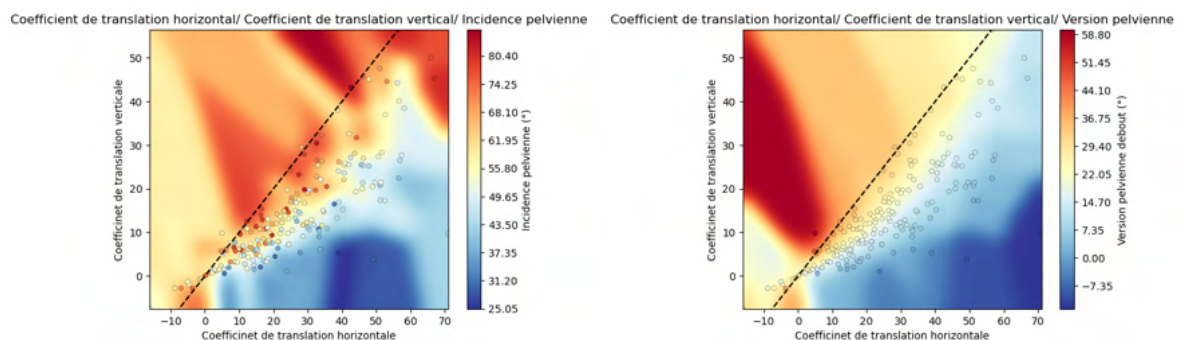


FIGURE 2.18 – Coefficients de translations en fonction de l'incidence pelvienne et la version pelvienne debout

Si on observe la répartition des groupes sur ce graphique (figure 2.18) on observe bien que les hip-user se retrouvent à la base, ils ont donc une mauvaise translation, les spine-user forment la partie supérieure du nuage de points, ils ont donc à la fois une bonne translation horizontale et verticale, et les bascules-user sont entre les deux, ils ont des meilleurs

translations que les hip-user.

**Résumé** On observe bien la répartition des groupes comme on pourrais l'imaginer, les spine-user(Coefficient de translation horizontale en moyenne de 0.35) et les bascules-user(Coefficient de translation horizontale en moyenne de 0.20) ont une meilleur translation que les hips-user (Coefficient de translation horizontale en moyenne à 0.08).

## 2.4 Discussion des résultats

**Troisième partie**

**Conclusion**